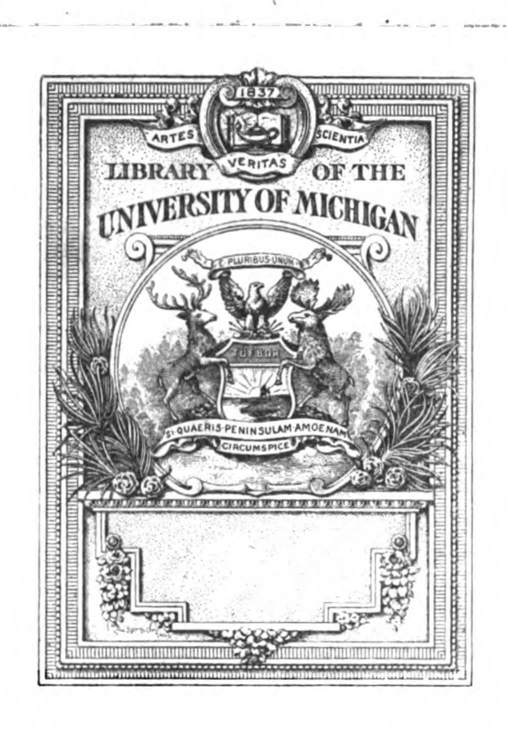


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

L. Ambronn in Göttingen, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. v. Hammer** in Stuttgart,
F. R. Helmert in Potsdam, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüß** in Hamburg, **V. v. Lang** in Wien,
A. Raps in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **R. Straubel** in Jena, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **F. Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

Dreiunddreißigster Jahrgang 1913.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1913.

Inhaltsverzeichnis.

Referate.

Bücherbesprechungen.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. **F. Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **Januar 1913.** Erstes Heft.

Der Komparator für Basisapparate im Geodätischen Institut zu Potsdam[1]).

Von

Fr. Kühnen.

(Mitteilung aus dem Kgl. Preuß. Geodätischen Institut zu Potsdam.)

Das Studium der Grundlinienmessungen bildet eine der wichtigsten Aufgaben der Erdmessung, und deshalb war die Anschaffung eines Komparators für Basisapparate bereits bei dem Neubau des Geodätischen Instituts zu Potsdam (1888—1892) in Aussicht genommen worden. Die Beschaffung verzögerte sich jedoch aus mehrfachen Gründen, bis im Jahre 1907 mit dem Bau des Instrumentes begonnen werden konnte.

Die Konstruktion und Ausführung des Komparators ist auf Grund eingereichter Entwürfe der Firma Otto Toepfer & Sohn in Potsdam übertragen worden. Sie berührt sich im Grundgedanken mit der des Transversalkomparators für 2 *m* der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg, der von Herrn A. Leman konstruiert und von Herrn A. Blaschke in *dieser Zeitschr.* ***27.*** *S. 361. 1907* beschrieben ist.

Bei der für den Komparator gewählten Methode der mikroskopischen Vergleichung zweier Maßstäbe wird das Bild des Anfanges und des Endes der Teilung des einen Maßstabes in der Fadenebene je eines Mikroskopes durch Schraubenmikrometer gegen einen willkürlichen Nullpunkt festgelegt, dann wird der zweite Maßstab an die Stelle des ersten unter die Mikroskope gebracht, und seine Teilung wird ebenfalls in den Fadenebenen der beiden Mikroskope abgebildet und auf denselben Nullpunkt bezogen. Der Ort der Vergleichung ist also für Anfang und Ende der Maßstäbe je eine Fadenebene zweier Mikroskope. Während einer Vergleichung müssen die beiden Fadenebenen und die optischen Achsen der Mikroskope unverändert bleiben, und die Abbildungen der Teilungen müssen für beide Maßstäbe in denselben Verhältnissen erfolgen. (Hierbei ist stillschweigend vorausgesetzt, daß es sich um Vergleichung von Strichmaßen handelt; Endmaße sind durch geeignete Hilfsapparate auf Strichmaß zu beziehen.)

Für die Konstruktion des Komparators waren daher folgende Forderungen maßgebend:

1. Die Aufstellung der Mikroskope muß möglichst stabil sein; Veränderungen in der Lage der Mikroskope sollen nach Möglichkeit ausgeschaltet sein.

2. Die Vergleichung zweier Maßstäbe muß möglichst schnell ausgeführt werden können, damit die geringen unvermeidlichen Änderungen in dem Abstande der

[1]) Mit fünf Tafeln am Schluß dieses Heftes.

Mikroskope oder in der Länge der Maßstäbe, die beispielsweise durch etwaigen Temperaturgang bedingt werden könnten, nicht in Betracht kommen, oder wenigstens als linear verlaufend angesehen und durch die Beobachtungsmethode eliminiert werden können.

3. Die Lagerung der Maßstäbe muß so zu justieren sein, daß die zu vergleichenden Striche so genau als möglich an dieselbe Stelle unter die Mikroskope gebracht werden können.

Als Hauptaufgabe für den Komparator war die Vergleichung von 4 *m*-Stäben untereinander und mit einem Normalmaß von einem Meter gestellt worden. Daneben sollen auch Vergleichungen von 5 *m*-Stäben ausführbar sein, und die Unterteilungen der Stäbe sollen weitgehend verglichen und untersucht werden können. Außerdem soll der Einfluß der Temperatur auf die Länge der Maßstäbe untersucht werden können.

Hiernach waren für den Komparator vorgesehen: 1. ein Mikroskopträger mit verstellbaren Mikroskopen; 2. zwei Komparatorwagen, von denen der eine mit einer Heiz- und Kühlvorrichtung versehen ist; 3. eine Gleisanlage und Bewegungsmechanismus für die Wagen.

Der Komparator steht in einem besonderen Raume des Geodätischen Instituts, dem „Komparatorsaal", der nach Norden an den „großen Instrumentensaal", nach Westen an den „Pendelsaal" stößt und im Süden und Osten durch einen geräumigen Korridor von den weiter umgebenden Bureauräumen isoliert wird. Über ihm befindet sich ein großer, selten benutzter Sitzungssaal und unter ihm ein ringsum zugemauerter, von dem Fundament des Komparators ausgefüllter Kellerraum. Die Lage des Komparatorsaales ist somit möglichst geschützt und isoliert. Der Zugang geht vom großen Instrumentensaal aus. Der Fußboden besteht aus einem doppelten, mit dicken Glasplatten belegten, eisernen Gitterwerk, das durch starke, in die Umfassungsmauern eingelassene I-Träger gehalten wird. (Der Boden ist aus Glasplatten hergestellt worden, weil Glas für dunkle Wärmestrahlen undurchlässig ist und somit eine gute thermische Isolation gewährleistet.) Der Zwischenraum zwischen den Glasschichten beträgt 30 *cm*. Die obere Glasschicht ist mit einem mehrere Zentimeter starken Gipsestrich bedeckt und mit Linoleum belegt. Die Umfassungsmauern von 1 *m* Stärke sind von zahlreichen Ventilationskanälen durchzogen und nach innen mit einer doppelten Wellblechwandung von 0,5 *m* Zwischenraum bekleidet. In dem Zwischenraume befindet sich, rings den Komparatorsaal umlaufend, eine Gasheizung, die gestattet, die Temperatur in etwa 5 Stunden um 40^0 zu erhöhen. Durch die Ventilationskanäle, die durch geeignete Klappen nach Bedarf zu öffnen oder zu schließen sind, kann eine energische Ventilation und Herabsetzung der Temperatur herbeigeführt werden. Außerdem befinden sich in der Decke, die ebenfalls mit doppelter Wellblechbekleidung versehen ist, zwei Öffnungen, die in der Regel durch dreifache Verglasung geschlossen sind, aber zur Ausgleichung der Innen- und Außentemperatur geöffnet werden können. Die inneren Dimensionen des Raumes sind $6{,}5 \times 10\ m^2$ Grundfläche und 5 *m* Höhe. Das Fundament für den Komparator unter dem Fußboden besteht aus einem Ziegelsteinblock von $6{,}5 \times 10\ m^2$ Grundfläche und 3,5 *m* Höhe; nach oben verjüngt sich sein horizontaler Querschnitt etwas, unten ist das Fundament 0,25 *m* von dem Mauerwerk der Wände entfernt.

Auf diesem Fundament erheben sich zur Aufnahme des Mikroskopträgers zwei in Zement gemauerte Ziegelsteinpfeiler. In der obersten Schicht des Mauerwerks ist bei jedem der beiden Pfeiler eine quadratische Öffnung von $30 \times 30 \times 7\ cm^3$ frei-

gelassen, und hierin ist eine 25 *cm* im Geviert messende, 3 *cm* starke schmiedeeiserne Platte in Zement versenkt worden. Hierauf liegt ein unten kugelig geformter Granitblock von 70×70 cm^2 Querschnitt und 25 *cm* Höhe, der mit Steinschlag und Zement fest mit dem Ziegelfundament vermauert ist. Der Granitblock ist so bearbeitet, daß er um den Auflagepunkt balanciert; dies ist geschehen, einmal, um die Oberfläche der Pfeiler leicht möglichst genau zu horizontieren, dann aber auch, um die Oberfläche der *beiden* Pfeiler leicht in dieselbe Horizontalebene bringen zu können. Dieses wurde in folgender Weise erreicht: nachdem die beiden Granitblöcke aufgelegt waren, wurde ihre gegenseitige Höhenlage mittels eines Nivellierinstrumentes festgelegt, hierauf der niedriger liegende Block etwas zur Seite gerollt, ein passendes Stück Eisenblech untergelegt und dann der Block wieder in die richtige Lage gerollt. — Die innere lichte Entfernung der Pfeiler beträgt an ihrem oberen Teile 5,15 *m*[1]).

Auf den beiden Pfeilern ruht der Mikroskopträger (*AA* Tafel I, *A* Tafel II, Fig. 1) ein Mannesmannrohr von 25 *cm* äußerem Durchmesser und 8 *mm* Wandstärke; seine Länge beträgt 6 *m*. An den Enden trägt der Mikroskopträger Muffen, von denen die eine unmittelbar auf dem Kopf des östlichen Pfeilers durch starke einzementierte Bolzen festgehalten wird, während die andere zur Ausgleichung einer Längenänderung des Rohres auf einer Walze zwischen einer Schlittenführung ruht, im übrigen aber ebenso geformt ist wie die erste. Für die Hauptvergleichungen, die das Grundmaß, ein Meter, betreffen, sind an 5 Stellen in je 1 *m* Entfernung sattelförmige Gußstücke (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*, Tafel I) mit einer oberen Plattform von 30×30 cm^2 Oberfläche angebracht. Die Sättel sind innen ausgedreht, und zwar mit einem Radius, der etwas kleiner ist als der äußere Radius des Rohres. Die Stücke sind unter starkem Druck auf das Rohr aufgepreßt und durch kräftige Schraubenbolzen ein für allemal innig mit dem Rohr verbunden. In diesem Zustande ist der Mikroskopträger unter die Hobelmaschine gekommen, und es sind gleichzeitig die fünf Plattformen eben gehobelt worden; dabei war der Mikroskopträger so belastet worden, wie er es jetzt im fertigen Gebrauchszustande ist, so daß also die Behobelung bei der endgültigen Durchbiegung des Rohres erfolgte. Die Oberflächen der Plattformen liegen daher in einer Ebene. Auf den Plattformen sind Kreuzschlitten montiert. Schlitten und Leisten sind zweckmäßig verrippte, flache, kastenartige Körper aus homogenem Gußeisen; sie sind mit besonderer Sorgfalt bearbeitet, so daß zu ihrem endgültigen Ausglätten nur der Schmirgelstein benutzt wurde. Die reibenden Flächen sind mit Ölnuten versehen, die an der Oberfläche enden, damit von Zeit zu Zeit etwas frisches Fett zugeführt werden kann. Die Bewegung der Schlitten geschieht durch feingängige Schrauben, die durch ein Vorgelege in bequemer Weise und in passender Geschwindigkeit angetrieben werden. Zur Vermeidung der durch die gewöhnliche Kuppenanlage erzeugten Reibung sind in die für die Herstellung der Schrauben benötigten Hohlkörner glasharte Stahlkugeln von 7 *mm* Durchmesser eingelegt, die in einem Kranz kleinerer, in einem Stahlnäpfchen angeordneter Stahlkugeln ihr Widerlager finden. Diese Stahlnäpfchen liegen frei mit ihrem flachen Boden gegen die Stirnflächen der Schlitten und werden nur durch den Druck zweier starker Federn gegen die gegenüberliegende Stirnfläche in ihrer richtigen Lage gehalten. Durch die Anwendung dieser Gegenfedern, deren Druckkraft durch einen zentralen Stift in die Achse der Bewegungsschraube verlegt ist, wird die Rückwärtsbewegung der Schlitten ohne toten Gang bewirkt.

---

[1]) Die folgende Beschreibung über die Herstellung des Komparators beruht im wesentlichen auf direkten Mitteilungen des Herrn R. Töpfer.

Auf dem oberen Schlitten ruht auf drei Punkten eine starke gußeiserne Konsole deren vertikale Frontfläche zur Aufnahme der Mikroskopmontierung dient. Nach hinten läuft die Konsole in eine Stange aus, die zur Ausbalancierung in der Weise ein Gegengewicht trägt, daß der Gesamtdruck auf die Mitte der Plattformen und somit in die mittlere Vertikalebene des Mikroskopträgers gebracht wird. Die drei Auflagepunkte sind die Kuppen dreier Fußschrauben; die hintere von ihnen ruht in einem Körner und gibt der Konsole in bezug auf Höhe und Seite eine feste Mittellage. Die beiden vorderen dienen zur vertikalen Orientierung der Frontfläche; sie sind durch seitlich angebrachte Zugschrauben gegen willkürliche Veränderung gesichert. Auf die Konsolen können Aufsatzniveaus gesetzt werden, um die Unveränderlichkeit der Mikroskopachsen zu kontrollieren. Die vertikale Frontfläche ist mit vier Bolzen zur Befestigung der eigentlichen Mikroskopmontierungen versehen; sie trägt außerdem unten winklige Angüsse mit verstellbaren Anschlägen, welche die genaue Orientierung der Mikroskope in ihrer Höhen- und Seitenlage bewirken, indem sie entsprechende konische Angüsse der Mikroskopmontierung so aufnehmen, daß die Lage der Mikroskope von den Befestigungsschrauben nicht beeinflußt wird — eine Vorrichtung, die besonders mit Rücksicht auf das Auswechseln der Mikroskope wertvoll ist. Die Mikroskope sind in einem kastenartigen Gehäuse montiert, dessen Rückfläche sich innig gegen die Frontfläche der Konsole anlegt und mit den erwähnten 4 Schraubenbolzen durch Hakenverschluß fest damit verbunden wird. Der horizontale Boden des Gehäuses trägt die Buchse für den Haupttubus des Mikroskops. Dieser Tubus ist durch Zahn und Trieb verstellbar. Er ist ferner durch eine kräftige Stahlführungsschiene gegen Drehung geschützt und in den justierbaren Führungsringen der Buchse eingeschliffen; außerdem kann er durch eine geeignete Klemmvorrichtung noch besonders gesichert werden. Die Mikroskope sind für 6 verschiedene Vergrößerungen, nämlich 10-, $12^1/_2$-, 25-, 40-, 50-, 100fache, eingerichtet, und zwar werden die verschiedenen Vergrößerungen durch Kombination zweier Objektive und dreier Okulare bewirkt. Der Haupttubus trägt an seinem unteren Ende das Gewinde zur Aufnahme der Objektive, am oberen Ende einen Auszug für den Ausgleich der durch die Anwendung der beiden Objektive bedingten Veränderung der Tubuslänge; justierbare Anschläge dienen zur genauen Abstimmung der Tubuslänge. Der Auszug, der durch einen starken Klemmring mit dem Haupttubus fest zu verbinden ist, trägt einen starken Flansch, auf dem mittels Bajonettverschlusses der Mikrometerkopf befestigt wird. In diesem befindet sich im unteren Teile eine schräggestellte, planparallele Glasplatte, die durch eine Durchbohrung von außen auffallendes Licht senkrecht nach unten zur Beleuchtung der Maßstäbe reflektiert. Das Mikrometer selbst besteht aus einem kräftigen Bronzegehäuse, das mit einer Positionskorrektionsvorrichtung versehen ist. Die Ganghöhe der Mikrometerschraube ist 0,25 *mm*; ihre etwas kugelig geschliffene Spitze ruht, ähnlich wie bei größeren Meßapparaten, mit sanftem Federdruck gegen eine genau rechtwinklige, polierte harte Stahlplatte. Die ganzen Umdrehungen der Schrauben werden an einem Rechen abgelesen, der, dicht unter der Deckplatte des Mikrometers liegend, rechtwinklig zur Meßrichtung im Gesichtsfeld für die jeweilig gewählte Vergrößerung passend verstellt werden kann. — Um die Belastung des Mikroskopträgers beim Umsetzen der Mikroskope nicht zu ändern, sind drei Gewichtsstücke vorhanden, die an den von den Mikroskopen nicht besetzten Kreuzschlitten angebracht werden, so daß der Mikroskopträger stets gleichbelastet ist.

Für die Vergleichung größerer Maßstäbe und zur Untersuchung der Unterteilung des Meters werden an Stelle der Mikroskope kleinere gußeiserne Mikroskop-

träger angehängt, die an ihrer vorderen Seite schwalbenschwanzartige Gleitschienen (Taf. III u. IV) zur Aufnahme von zwei leichteren Mikroskopen tragen und auf der hinteren Seite so ausgebildet sind, daß sie wie die Hauptmikroskope befestigt werden können. Solcher Träger sind drei vorhanden. Werden zwei davon an den äußersten Stellen angebracht, so können Maßstäbe von 5 *m* Länge verglichen werden. Werden die drei Träger nebeneinander angebracht, so entsteht eine Laufbahn von 4 *m* Länge, die für die Verschiebung der leichteren Mikroskope zur Verfügung steht. Die Mikroskoptuben, die für dieselben optischen Teile passen und für die gleiche Beleuchtungsvorrichtung der Maßstäbe wie die Hauptmikroskope eingerichtet sind, sind auf Schieber montiert, die sowohl grob von Hand als auch mittels einer auf einem fixierbaren Nebenschieber festgelagerten Mikrometerschraube fein bewegt werden können. Die Mikroskope können in Grenzen bis zu $^1/_4$ *m* zwecks gemeinsamer Verschiebung durch eine geeignete Vorrichtung fest zu einem System vereinigt werden. Das Gewicht der Träger, einschließlich der leichten Mikroskope, ist dem der Hauptmikroskope und ihrer Montierung annähernd gleich.

Die Beleuchtungsvorrichtung (*B B* Tafel I, *B* Tafel II, Fig. 1) für die Maßstäbe ist an der dem Mikroskopträger parallelen Wand montiert. Sie besteht aus zwei auf sieben Konsolen gelagerten Röhrenträgern, auf denen gußeiserne Schlitten von Hand aus bewegt und an jeder Stelle der 5 *m* langen Strecken geklemmt werden können. Diese Schlitten dienen als Basis für zwei mit Höhenverstellung und Azimutkorrektion versehene Kondensoren mit elektrischen Glühlampen, deren Licht horizontal auf die vorhin erwähnte planparallele Glasplatte in den Mikroskopen fällt.

Die beiden Komparatorwagen (*W W* und *H H* Tafel I) unterscheiden sich in ihrer Größe dadurch, daß der größere zur Aufnahme zweier Maßstäbe eingerichtet ist, während der kleinere nur für einen Maßstab bestimmt und mit einem Wärmekasten versehen ist; im übrigen aber sind die beiden Wagen wesentlich gleich ausgebildet. Der große Wagen soll zur Vergleichung zweier Maßstäbe bei gleicher Temperatur dienen, der kleine soll (in Verbindung mit dem großen) zum Studium der Wärmewirkung benutzt werden. Die Wagen laufen auf glasharten, polierten Stahlkugeln von ca. 80 *mm* Durchmesser, die durch leichte Brillen in einem Abstande von je 25 *cm* gehalten werden. Die Kugeln sind sowohl in bezug auf das absolute Maß als auch auf ihre vollkommene Kugelform bis auf 0,01 *mm* übereinstimmend ausgewählt.

Der eigentliche Wagenkörper besteht aus einem Mannesmannrohr von gleichem Durchmesser und Wandstärke wie der Mikroskopträger, die Länge beträgt 3,5 *m*. An beiden Enden wird dieses Rohr von 60 *cm* langen gußeisernen Muffen umklammert, die nach unten zur Befestigung der Gleitschienen auf eine ca. 100 *cm* lange Strecke ausgebildet sind; nach oben tragen die Muffen einen plateauartigen Anguß von etwa 60×60 *cm*² Seitenlänge, der eine Kreuzschlittenmontierung und eine Höhenverstellung für die Justierung der Maßstäbe aufnimmt. Zur Erreichung möglichst großer Starrheit des Wagenkörpers wurden die beiden Enden des Mannesmannrohres kreisrund und zylindrisch gedreht, und es wurden die in gleicher Art bearbeiteten Muffen ein für allemal mit dem Rohr durch kräftige Bolzen innig verbunden. In diesem Zustande wurde auch die Behobelung sowohl der unteren Flächen zur Aufnahme der Gleitschienen als auch der zur Aufnahme der Justiervorrichtungen bestimmten Plateaus vorgenommen. Es war daher möglich, dieses verhältnismäßig komplizierte Stück mit größter Genauigkeit in bezug auf Höhengleichheit, Neigung und Parallelität der maßgebenden Flächen herzustellen.

Die Gleitschienen, die in derselben Weise wie die Schienen der später zu besprechenden Gleisanlage profiliert und hergestellt wurden, sind mit den unteren Muffenflächen durch starke Schraubenbolzen fest verbunden; die Längen dieser Schienen betragen für den großen Wagen 2 *m*, für den kleinen 1,5 *m*.

Soll der Wärmekasten benutzt werden, so werden die beiden Wagen miteinander durch eine starke Schraube gekuppelt; sonst wird nur der größere Wagen in Betrieb genommen. Dieser trägt für die Lagerung der zu vergleichenden Maßstäbe zwei gesonderte T-förmige Tische (*T T* Tafel II, Fig. 1) von 4,25 *m* Länge, 14 *cm* Höhe und 9 *cm* Breite. Ihre geringste Dicke beträgt 7 *mm*. Die Tische sind an zwei Stellen, 1,2 *m* von der Mitte entfernt, unterstützt; sie liegen frei auf, so daß sie leicht abgenommen werden können. Die Entfernung der Unterstützungen ist so gewählt, daß sie die günstigsten Stellen für die direkte Auflage von 4 *m*-Stäben sind. Die Justiervorrichtungen der Tische sind der Anforderung, daß die beiden Maßstäbe nacheinander genau an dieselbe Stelle zu bringen sind, entsprechend ausgebildet. Da die Mikroskope ihrerseits genaue Justiervorrichtungen besitzen und scharf auf einen Maßstab eingestellt werden können, so genügt für den ersten Tisch eine grobe Höhenverstellung, um den Maßstab in eine bequeme Mittellage zu bringen. Der Tisch wird an den Unterstützungspunkten von je zwei aufeinandergeschraubten Konsolen getragen, von denen die untere (21 *cm* hoch) entfernt werden kann, und zwar ruht der Tisch in einem Schlitz der oberen Konsole auf zwei Schrauben, die noch eine Höhenänderung bis zu 10 *cm* gestatten (Fig. 1, Taf. II); das Profil des Tisches ist an den Unterstützungsstellen geeignet verstärkt. Eine Klemmvorrichtung sichert die jeweilige Höhenlage. Der zweite Tisch ist auf zwei Maßstabträgern gelagert, die in gleicher Weise wie die Mikroskope auf Kreuzschlitten montiert und außerdem mit Höhenverstellung eingerichtet sind. Die Höhenverstellung ist in Form eines ungleicharmigen Hebels ausgebildet. Der kürzere Arm hebt den Maßstabträger, während der längere ein verstellbares Gewicht zur Ausbalancierung des Basisapparates trägt; es wird somit für die Justierung in Höhe keine besondere Arbeitsleistung verlangt, und die Höhenschraube ist nicht wesentlich belastet. Der eine Maßstabträger bietet zur Auflage eine Rolle, der andere eine Schneide. Beide sind etwas hohl geschliffen, und die Schneide ist um eine Achse in der Längsrichtung des Tisches drehbar, so daß die Maßstabträger sich jeder (auch windschiefen) Fläche anpassen und eine feste und sichere Auflage für jeden Basisapparat bilden. Bei dem zweiten Wagen fällt der erste Tisch fort, und die Maßstabträger sind von dem Wärmekasten umgeben. Auf den Tischen kann eine 2 *m* lange Aluminiumschiene, die auf Rollen läuft und dabei durch die Längskanten des Tisches geführt wird, außerdem auch noch mit Justier- und Klemmvorrichtungen versehen ist, aufgelegt werden. Hiermit können kleinere Maßstäbe in ihrer Längsrichtung unter den Mikroskopen verschoben werden, und der Komparator kann somit auch als Longitudinalkomparator benutzt werden.

Alle Justierungen der Maßstabträger können vermittels kleiner Elektromotoren von jedem Beobachterstande aus ausgeführt werden. Durch geeignete Schneckenrad-Übertragungen ist die Geschwindigkeit der Elektromotoren auf ein passendes Maß herabgesetzt, so daß die Einrichtung des Maßstabes mit größter Leichtigkeit und äußerster Genauigkeit erfolgen kann. Im Falle einer Störung des elektrischen Betriebes können die Justierungen auch von Hand gemacht werden. Die Übertragung der Bewegung auf die Schraubenspindel ist für den elektrischen Betrieb und für den Handbetrieb eine besondere, und jede ist für sich an die Spindel zu klemmen; dabei schließt die eine die andere aus.

Die Bewegung der Wagen erfolgt ebenfalls durch elektrischen Antrieb vom Beobachterstande aus; sie kann jedoch auch leicht von Hand bei ausgeschaltetem Motor bewirkt werden. Ein Druck von 1—2 kg genügt zur Verschiebung der Wagen.

Die Arretierung der Wagen in den Gebrauchsstellungen wird durch eine Nase bewirkt (*F* in Fig. 3, Tafel II), die in verschiebbare Marken einfällt. Zur Erzielung der nötigen Sicherheit ist der Nasenträger ähnlich wie der Stichelhalter eines Reißerwerkes gelagert; seine Drehachse wird durch zwei 30 *cm* entfernte Spitzenbolzen gebildet, die ihrerseits mit der östlichen Gleisschiene fest verbunden sind. Das äußerste Ende der Nase ist eine Rolle, die auf einer Gleitschiene an den Wagen läuft. Die Einfallmarken sind gegeneinander verstellbar und können bis auf wenige Zentimeter einander genähert werden. Vor dem Einfallen der Nase gibt eine elektrische Klingel das Signal zum Abstellen des Motors. Die Arretiervorrichtung arbeitet in sehr zufriedenstellender Weise; nach einem Hin- und Hergange ist eine Änderung in der Stellung der Wagen nicht wahrzunehmen, so daß die Justierung der Maßstäbe in bezug auf die Mikroskope durch die Bewegung des Wagens nicht geändert wird.

Das Gleis für die Wagen besteht aus zwei Schienen aus Kruppschem hartvergüteten Geschützstahl. Das Profil ist aus Fig. 3 auf Tafel II ersichtlich; auf je 25 *cm* kommt eine in der Figur angedeutete kräftige Versteifungsrippe. Nachdem die großen Schwierigkeiten des Gießens der 6 *m* langen Schienen überwunden waren, wurden zunächst die Basisflächen gehobelt und mit zwei genau gerichteten Differdinger I-Trägern durch starke Schraubenbolzen in Abständen von etwa 0,5 *m* innig verschraubt. Nachdem hierdurch ein Höhenprofil (35 *cm*) von außerordentlicher Festigkeit geschaffen war, wurde die Bearbeitung der zur Aufnahme der glasharten Stahlkugeln dienenden Kopfleiste vorgenommen. Mit Rücksicht auf eine möglichst große Führungsgenauigkeit wurde zur Behobelung eine der besten Maschinen des Kruppschen Betriebes verwendet. Es wurde auch das sogenannte Ausschlichten von Hand vermieden und die nötige Glätte der gehobelten Flächen lediglich durch Anwendung eines genau ebenen Arkansas-Ölsteines erzielt. Da dieses Ausglätten so weit geführt wurde, bis die letzten Spuren des Behobelns fast verschwanden, war hiermit ein Anhalt für die unveränderte Ebenheit der Flächen gegeben. Die Schienen sind nach einmaligem Verschrauben bearbeitet und nicht wieder getrennt worden, sondern in diesem Zustande transportiert und schließlich 16 *cm* tief in das Fundament des Komparators eingemauert worden.

In gleicher Weise sind auch die kürzeren Oberschienen, die mit den Wagen fest verschraubt sind, bearbeitet worden. Von ihnen haben zwei dasselbe Profil (Fig. 3, Tafel II) wie die unteren langen Schienen, während an den beiden anderen die geneigten Flächen weiter zurücktreten, um der mittleren, horizontalen flachen Bahn zur Vermeidung von Spannungen die Auflage auf die Stahlkugeln zu überlassen. Die Führung der Wagen übernimmt im vorliegenden Falle die erstere Schiene, die bei der Montierung die linke (die östliche) geworden ist, während die westliche nur als Stütz- und Laufbahn dient.

Der Wärmekasten (*H H* Tafel I, *H* Tafel II, Fig. 2) soll zur Bestimmung der durch Temperaturänderung bedingten Längenänderung der Maßstäbe dienen; vor allem soll er auch die Möglichkeit bieten, den Einfluß zeitlicher und örtlicher Temperaturschwankungen zu ermitteln. Denn im Felde befinden sich die Maßstäbe stets in schwankendem Temperaturzustande, und gerade hierfür wird die Kenntnis ihrer Länge verlangt. Die Untersuchungen der Maßstäbe im Wärmekasten sollen also ermöglichen, für ihre Länge eine Gleichung aufzustellen, worin die räumliche und

zeitliche Temperaturverteilung bzw. Änderung Berücksichtigung findet. Dabei ist vorausgesetzt, daß mit dem Maßstabe mehrere Thermometer unveränderlich, innig und wohlgeschützt verbunden sind, und zwar in der Weise, daß ihre Angaben für die Temperatur des Maßstabes maßgebend sind. Die äußeren Abmessungen des Wärmekastens sind 4,5 *m* Länge, 40 *cm* Breite und 50 *cm* Höhe (in der Mitte des Querschnittes). Der Kasten hat doppelte Wandungen, der Zwischenraum von 3,5 *cm* ist mit Asbest- und Filzschichten ausgefüllt; der Innenraum ist mit dünnen Asbestplatten bekleidet. Zwei Holzleisten auf dem Boden des Kastens tragen elektrische Heizlamellen, von denen jede einzelne besondere Zuleitung hat. Eine kupferne, außen mit Filz und Stanniol überzogene Wanne trennt den eigentlichen Heizraum von dem Lagerraum der Maßstäbe.

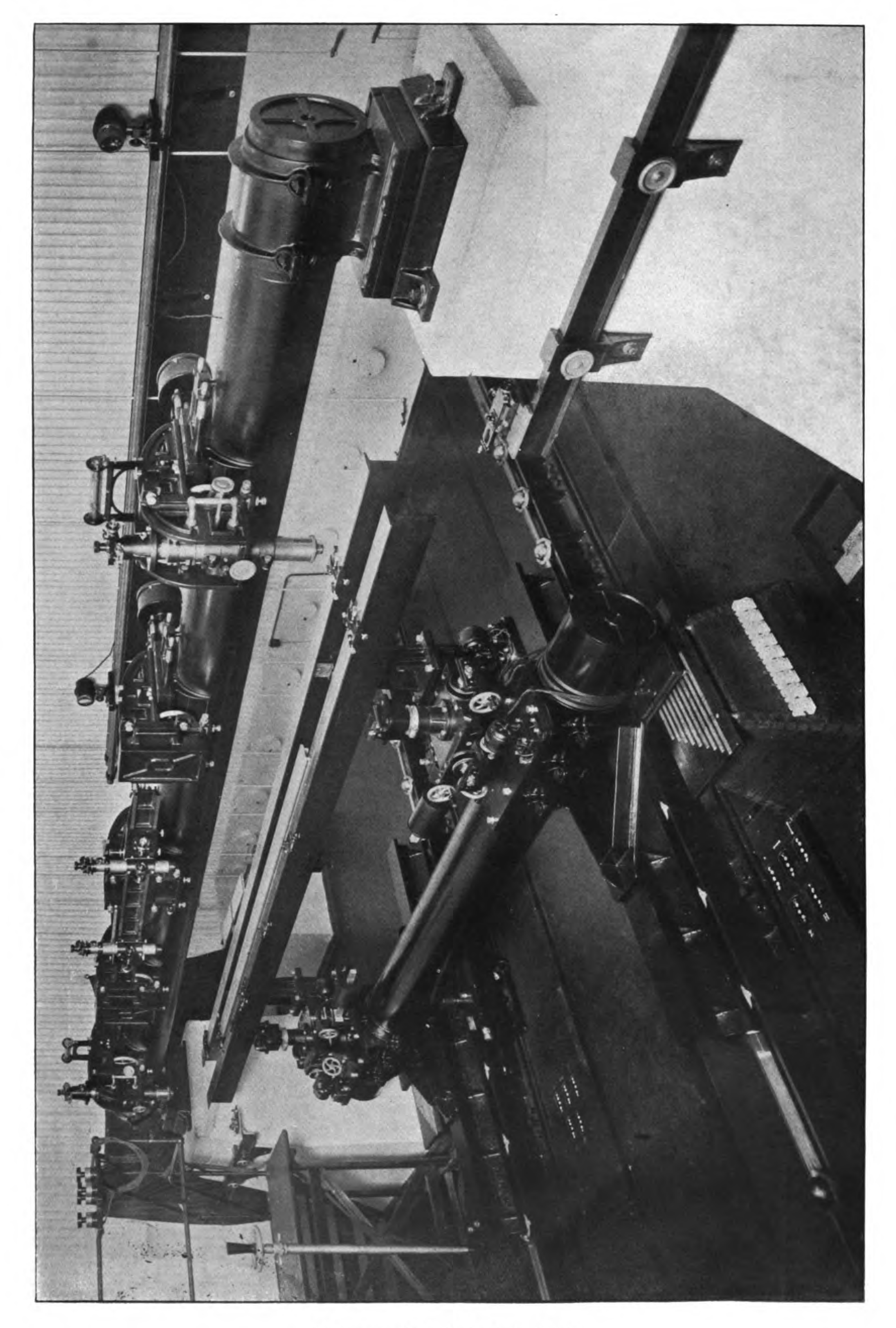
Sowohl zur Variation als auch zur Konstanthaltung der Temperatur befinden sich außen an dem Wärmekasten auf einem Schaltbrett verschiedene Einrichtungen. Zunächst lassen sich die Heizlamellen in Gruppen von je vier zusammenfassen und beliebig in den Strom einschalten. Ferner können diese Gruppen an einen rotierenden Kontaktgeber angeschlossen werden, der gestattet, regelmäßig in bestimmten Zwischenräumen gewisse Gruppen einzuschalten. Diese Schaltungen sind in weiten Grenzen zu variieren. Der Kontaktgeber ist durch doppelte Schneckenradübertragung mit einem Elektromotor gekuppelt. Die Luft im Heizraume wird durch ein Gebläse, das durch denselben Elektromotor angetrieben wird, in ständiger Zirkulation gehalten, und zwar wird sie an den beiden Enden des Kastens aus dem Heizraum herausgesogen und in der Mitte wieder zugeführt. Auf dem Wege von den Enden zur Mitte durchströmt die Luft ein Ventilationsrohr (*V V* Tafel I, *V* Tafel II, Fig. 2) von 8,5 *cm* Durchmesser; dieses ist von einem rohrartigen Kasten umgeben, der mit Wasser gefüllt werden kann. Das Wasser bildet dann ein Wärmereservoir; der Wärmeverlust wird durch Heizlamellen, die sich teils im Heizkasten (wie bereits erwähnt), teils in einer Erweiterung des Luftrohres unmittelbar vor dem Gebläse befinden, gedeckt.

Zur Erniedrigung der Temperatur werden in den Innenraum Zinkkästen (*Z* Tafel II, Fig. 2) mit Eisfüllung gesetzt, die einen Querschnitt von 17 × 25 *qcm* frei lassen und den zu untersuchenden Maßstab bis auf die Öffnungen zur Beobachtung und diejenigen für die Stangenträger vollständig mit Eis umgeben. Außerdem wird das Ventilationsrohr mit Eis oder einer Kältemischung umgeben, und die abgekühlte Luft wird durch den Wärmekasten geblasen. Zur relativen Bestimmung der Temperaturunterschiede sowie zur automatischen Registrierung und Regulierung sind weitere Hilfseinrichtungen vorgesehen.

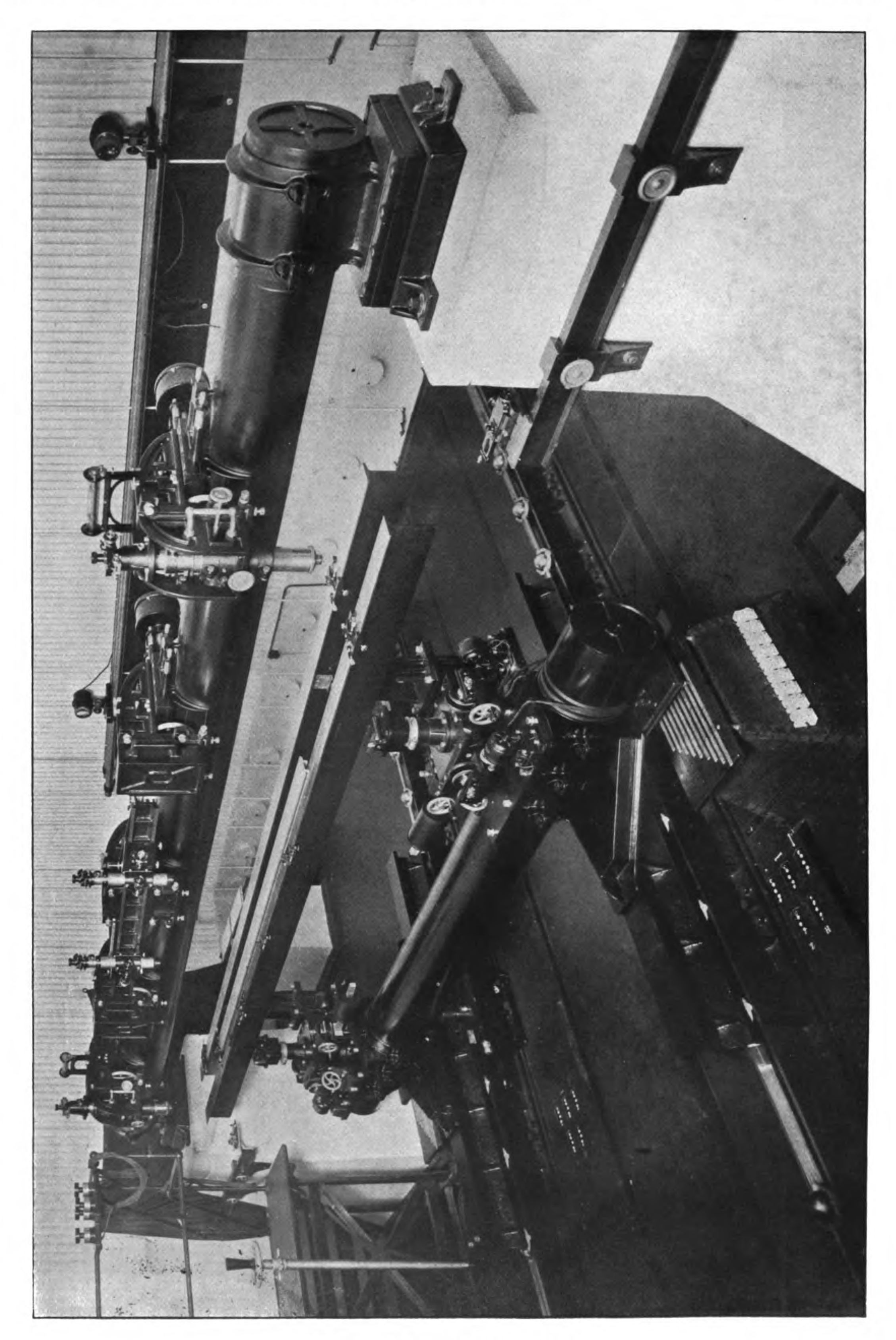
Eine besondere Einrichtung (nach Repsold)[1]) ist noch zu erwähnen: unter den beiden äußeren Hauptmikroskopständen sind im Fundament 1 *m* lange Granitpfeiler eingemauert; in diesen sind oben je drei Festpunkte einzementiert. Je zwei davon sind Achatkegel mit oben angeschliffener Halbkugel; der dritte ist ein Stahlstück in Form einer stark eingekerbten, abgestumpften Pyramide, die oben eine konische Bohrung von 4 *mm* Durchmesser hat. Diese Festpunkte werden mit Lotstäben, die unten eine auswechselbare Vorrichtung zur Aufnahme der Festpunkte haben, heraufgelotet; sie sollen für bestimmte Untersuchungen ein konstantes Maß geben. Die Halter für die Lotstäbe sind an den Pfeilern des Mikroskopträgers angebracht.

---

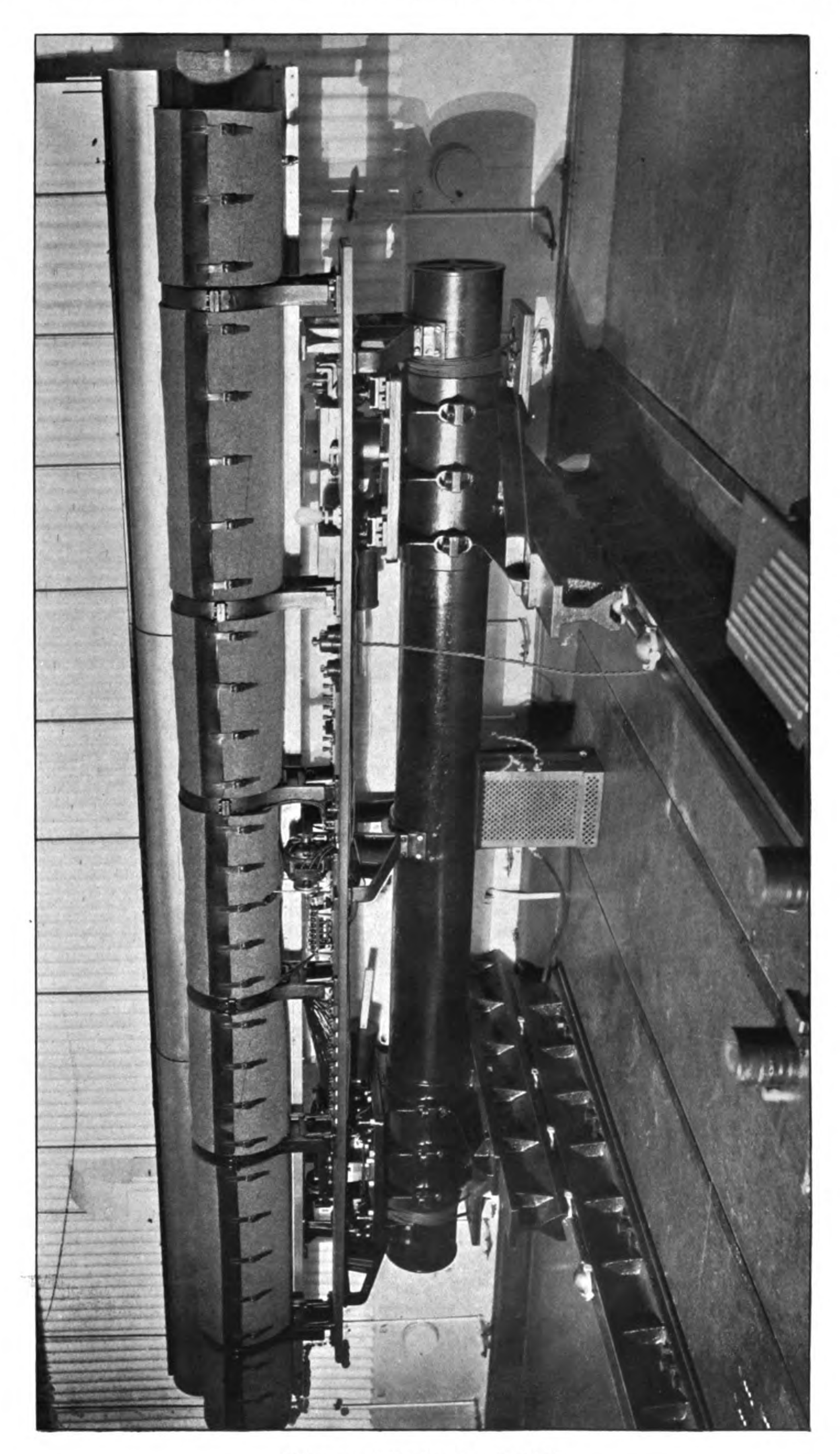
[1]) R. Schumann, Probemessungen mit dem Repsoldschen Ablotungsapparat. *Diese Zeitschr.* ***14.*** *S. 18. 1894.*



Verlag von Julius Springer in Berlin.



Verlag von Julius Springer in Berlin.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Ansicht des Komparators von oben.

A A Mikroskopträger.

1, 2, 3, 4, 5 Hauptmikroskopstände in je 1 *m* Entfernung; bei *3* und *4* Hauptmikroskope, bei *1, 2, 5* Ausgleichgewichte.

W W großer Wagen mit 2 Komparatortischen; bei dem vorderen Tisch sieht man die Elektromotoren für die Justierung, ebenso die Kurbeln für die Justiernng von Hand aus.

K K Kugeln, worauf die Wagen laufen.

S S die oberen an den Wagen befestigten Schienen.

H H kleiner Wagen mit dem Wärmekasten.

V V Ventilationsrohr.

R R rohrartiger Kasten, der das Ventilationsrohr umgibt und mit Wasser bzw. Eis zu füllen ist.

P P Erweiterungen des Ventilationsrohres, innen mit Heizlamellen versehen zur Erwärmung der zirkulierenden Luft bzw. zur Deckung des Wärmeverlustes.

B B Beleuchtungsvorrichtung für die Maßstäbe.

D D kleine Scheinwerfer.

Tafel II. Querschnitte.

Fig. 1 großer Wagen.

A Mikroskopträger mit Hauptmikroskop.

W großer Wagen.

T T Komparatortische.

B Beleuchtungsvorrichtung.

D Scheinwerfer.

Q Beobachterstand.

Fig. 2 kleiner Wagen.

H Wärmekasten.

Z Z Zinkkästen mit Wasser oder Eis zu füllen.

V Ventilationsrohr.

R rohrartiger Kasten.

Fig. 3

Su untere Schiene auf dem eingemauerten I-Träger.

So obere, den Wagen tragende Schiene.

E Elektromotor.

F Arretierungsvorrichtung mit der Fallnase.

Tafel III. Gesamtübersicht des Komparators mit großem Wagen. Am ersten und letzten Mikroskopstand sind Hauptmikroskope, am 2. und 4. Stande sind Ausgleichgewichte und am mittelsten Stande eine der Gleitschienen für die Untersuchung der Unterteilung bzw. zur Verlängerung des Komparators angebracht. Die kleinen Mikroskope sind mit den schwächeren Objektiven versehen (für die stärkeren erhält der Tubus ein entsprechendes Ansatzstück).

An den Pfeilern markiert sich oben der Kopf aus Granit, seitlich sind die Halter für die Lotstäbe angebracht.

Auf dem ersten Tisch des Komparatorwagens liegt die Aluminiumschiene zur longitudinalen Verschiebung.

An der hinteren Wand tritt die Beleuchtungsvorrichtung mit den beiden kleinen Scheinwerfern hervor.

Auf dem Boden sieht man im Vordergrunde eine Klappe, worunter die Festpunkte für die Lotstäbe liegen; dann sieht man die Stromzuführungsvorrichtung für die kleinen Elektromotoren (nur in der Gebrauchsstellung des Wagens können die Stromkreise geschlossen werden). Vor den beiden Schienen (und, im Bilde nicht sichtbar, hinter den Schienen) sind die Steckkontakte für die Leitungen zum Schaltbrett am Beobachterstande, von denen einer am zweiten Pfeiler steht.

Am großen Wagen ist ein Handgriff angebracht zur Bewegung des Wagens von Hand aus bei ausgeschaltetem Elektromotor.

Tafel IV zeigt einen Teil des Komparators in größerem Maßstabe; die Schiene mit den leichteren Mikroskopen befindet sich auf Stand 2. Der Beobachterstand links steht so, daß an den kleinen Mikroskopen beobachtet werden kann. Unter dem Hauptmikroskop ist ein Lotstab aufgestellt.

Tafel V. Der kleinere Wagen mit dem Wärmekasten; der das Ventilationsrohr umgebende Kasten ist mit einer Filzdecke überzogen.

Untersuchung zweier Teilkreise der Firmen G. Heyde und M. Hildebrand auf einem Wanschaffschen Teilkreisprüfer.

Von

Gustav Förster.

(Mitteilung aus dem Kgl. Preuß. Geodätischen Institut zu Potsdam.)

Erstklassige Kreisteilungen konnten bis vor wenigen Jahren nur durch das Kopierverfahren erhalten werden. In neuerer Zeit ist es aber der Firma G. Heyde in Dresden gelungen, die automatisch arbeitende Kreisteilmaschine zu verbessern und eine Teilmaschine von hoher Vollkommenheit herzustellen. Deren Vorzüge sollen nach den Angaben der Firma hauptsächlich sein:

„Größere Genauigkeit und Regelmäßigkeit der Teilungen, als solche mit Kopiermaschinen erhältlich sind; alle persönlichen Einstellungsfehler fallen fort; die Teilungen werden rascher vollendet; Veränderungen durch Temperatureinflüsse werden auf ein Minimum verringert, da Veränderungen, die bei dem Kopierteilverfahren durch die Körperwärme des Beobachters unvermeidlich sind, in Wegfall kommen."

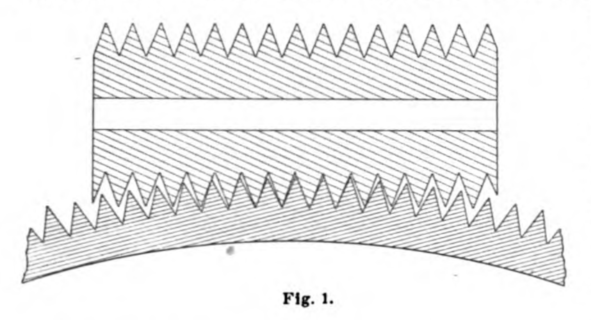


Fig. 1.

Heydes Verbesserung der automatischen Teilmaschine liegt hauptsächlich in der Herstellung und der Anwendung einer Hohlschraube. Auf der Achse der Teilmaschine befindet sich der zu teilende Kreis und ein Zahnrad, in das eine Tangentialschraube eingreift. Diese Schraube wird um gleiche Intervalle automatisch fortgedreht, und ein Reißerwerk ritzt in den zwischenliegenden Pausen die Striche auf dem zu teilenden Kreise ein. Da die Tangentialschraube nur mit einem Gewindegang voll in die Zahnung eingreift (Fig. 1), so werden die unvermeidlichen Fehler der Zahnung zur Folge haben, daß den gleichen Drehungswinkeln der Schraube nicht ganz gleiche Drehungswinkel der Maschinenachse und folglich auch nicht ganz gleiche Teilungsintervalle auf dem zu teilenden Kreise entsprechen. Heyde setzt nun eine Hohlschraube an die Stelle der Tangentialschraube und erreicht damit ein Anschmiegen der Schraube an eine größere Anzahl Radzähne (Fig. 2), so daß bis zu einem gewissen Grade die Radzahnfehler sich gegenseitig unwirksam machen[1]).

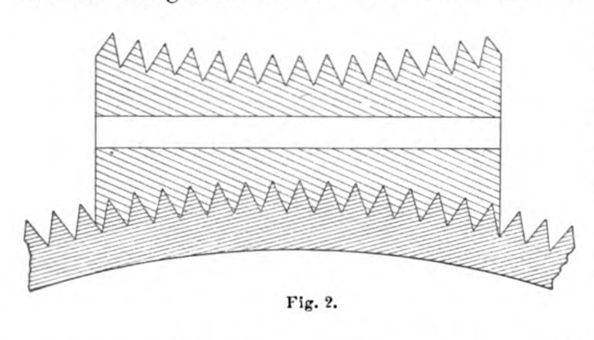


Fig. 2.

Um ein vergleichendes Urteil zu gewinnen, beauftragte der Direktor des Geodätischen Instituts, Herr Geheimer Oberregierungsrat Professor Dr. Helmert, mich mit der Untersuchung eines derart von der Firma G. Heyde in Dresden geteilten Kreises und eines zweiten, von der Firma M. Hildebrand in Freiberg i. S. nach dem bisher

[1]) Vergl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 69. 1905.*

üblichen Kopierverfahren geteilten. Zur Untersuchung diente ein Wanschaffscher Teilkreisprüfer mit vier Schraubenmikroskopen. Zwei Mikroskope (I und III, Fig. 3) werden nach Einstellung auf die Teilung fest miteinander verbunden; desgleichen die zwei anderen Mikroskope (II und IV). Der Winkel (A) zwischen den beiden Mikroskop-Armen läßt sich während der Untersuchung nach Bedürfnis ändern. Unabhängig hiervon kann der zu untersuchende Kreis beliebig gedreht und festgeklemmt werden.

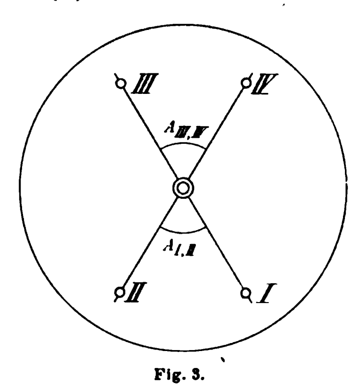


Fig. 3.

Bei den nachfolgenden Untersuchungen stand der Teilkreisprüfer auf einem massiven, vom Fußboden isolierten Pfeiler. Diejenigen Abschnitte der Kreisteilung, welche ungefähr vom Gesichtsfeld der Mikroskope begrenzt waren, wurden vom reflektierten Licht eines elektrischen Glühlämpchens diffus beleuchtet. Um strahlende Wärme vom Teilkreis möglichst fern zu halten, war in den Stromkreis des Lämpchens ein Tretkontakt in der Form eines um den Pfeiler herumgelegten Rahmens eingeschaltet. Dadurch konnte die Beleuchtung des Teilkreises auf die wenigen Augenblicke beschränkt werden, die zum Einstellen des Mikrometer-(Doppel-)Fadens auf einen Teilstrich nötig waren. In dieser Zeit war der Beobachtungsraum vollkommen dunkel. Ein automatisch wirkender Umschalter sorgte dafür, daß ein zweiter Stromkreis für die Beleuchtung der Mikrometertrommeln (und damit des Beobachtungsraumes) geschlossen bzw. unterbrochen wurde, wenn der Stromkreis, der die Beleuchtung des Teilkreises unterhielt, unterbrochen bzw. geschlossen wurde, so daß entweder nur die Schraubentrommeln (und zugleich der Beobachtungsraum) oder nur der Teilkreis an den benutzten Stellen erhellt war. Auf diese Weise ist eine sehr gleichmäßige und immer gleichbleibende Strichbeleuchtung erzielt und ein scharfes Einstellen der Mikrometerfäden auf die Teilstriche ermöglicht worden.

Die untersuchten Teilkreise sind beide in 360° und in 5'-Intervalle geteilt. Beim Heydeschen Kreis wächst die Bezifferung entgegengesetzt der Richtung der Uhrzeigerdrehung, beim Hildebrandschen im Sinne der Uhrzeigerdrehung.

Für den Hildebrandschen Teilkreis war der Gang der Untersuchung folgender: Die Ablesungen an den Mikrometertrommeln nehmen ab, wenn die beweglichen Mikrometerfäden im Sinne wachsender Bezifferung der Kreisteilung verschoben werden.

Bezeichnet man die Bezifferung der benutzten Striche mit	i	k	$i+180^0$	$k+180^0$,
und seien diese sichtbar in den Mikroskopen:	III	IV	I	II ,
so mögen die entsprechenden Trommelablesungen, die man nach Einstellung der Doppelfäden auf diese Teilstriche erhält, bezeichnet werden mit.	$(III)_i$	$(IV)_k$	$(I)_{i+180}$	$(II)_{k+180}$.
Die Trommelablesungen werden in Bogensekunden verwandelt durch Multiplikation mit den Faktoren	$3(1+\lambda_{III})$	$3(1+\lambda_{IV})$	$3(1+\lambda_I)$	$3(1+\lambda_{II})$.

Nahezu ist $1^p = 3''$; die λ sind daher sehr klein.

Untersucht wurden die Gradstriche 0°, 4°, 8°, 12° usf. und die benachbarten + 5′-Striche: 0° 5′, 4° 5′, 8° 5′ usf. Das arithmetische Mittel aus den Teilungsverbesserungen der Striche i, $i + 180°$, $i + 5'$, $i + 180° 5'$ bildet die Durchmesserkorrektion des Durchmessers i.

Die Beobachtungsarbeit wurde so geteilt, daß möglichst viele „Teilrosetten" gebildet wurden, jede Teilrosette aber ohne Unterbrechung in kürzester Zeit durchgemessen wurde. Für den Winkelwert $A = 60°$ zwischen den Mikroskoparmen (Fig. 3) bestand beispielsweise eine Teilrosettenmessung der Reihe nach aus den Mikrometereinstellungen:

im Mikroskop:									
I	II	III	IV	IV	III	II	I		
auf die Teilstriche:									
180° 0′	240° 0′	0° 0′	60° 0′	60° 5′	0° 5′	240° 5′	180° 5′	Kreisdrehung 60°	1)
240° 5′	300° 5′	60° 5′	120° 5′	120° 0′	60° 0′	300° 0′	240° 0′	„ „	2)
300° 0′	0° 0′	120° 0′	180° 0′	180° 5′	120° 5′	0° 5′	300° 5′	„ „	3)
0° 5′	60° 5′	180° 5′	240° 5′	240° 0′	180° 0′	60° 0′	0° 0′	„ „	4)
60° 0′	120° 0′	240° 0′	300° 0′	300° 5′	240° 5′	120° 5′	60° 5′	„ „	5)
120° 5′	180° 5′	300° 5′	0° 5′	0° 0′	300° 0′	180° 0′	120° 0′	„ „	6)
180° 0′	240° 0′	0° 0′	60° 0′	60° 5′	0° 5′	240° 5′	180° 5′		7)

Die Wiederholung der ersten Ablesungen am Schlusse der Teilrosette diente zur Auffindung von Instrumentänderungen (insbesondere von Änderungen des Winkels A zwischen den Mikroskopträgern) während der Messung. Die nächsten Teilrosetten waren gegen die erste um 4°, 8°, 12°... gedreht, die Messungen begannen daher bzw. mit den Kreiseinstellungen 4°, 8°, 12°... im Mikroskop III. Im ganzen gehören demnach 15 solcher Teile zu einer vollständigen Rosette von 60°. In gleicher Weise sind die anderen Rosetten nach Möglichkeit unterteilt worden, damit die außerordentlich hohen Ansprüche an die Stabilität bzw. Unveränderlichkeit des Teilkreisprüfers während der Dauer einer Messung auf ein Minimum herabgesetzt werden konnten. Es gelang schließlich, eine Teilrosette mit $A = 60°$ Armdistanz in 5 Minuten fertig zu beobachten.

Im allgemeinen ist das Brunssche Verfahren[1]) der Rosettenmessungen eingehalten worden. Die Rosette mit dem Winkel 20° mußte aber ausfallen, weil die Mikroskope bei der Kleinheit des zu untersuchenden Kreises (Durchmesser 21 cm) schon bei $A = 35°$ Armdistanz zusammenstießen. Auch aus einem anderen Grunde war es ratsam, vom Brunsschen Verfahren abzuweichen: Für die Durchmesser 0°, 12°, 24° usf. ist eine Anzahl überzähliger Messungen zu anderen Zwecken gemacht worden, die zur Bestimmung der Teilungsfehler nützlich verwendet werden konnten. Die gemessenen Rosetten entsprechen den Mikroskopdistanzen:

$$A = 36°, 40°, 60°, 72°, 80°,$$

und hiervon sind die Teilrosetten 36°, 60°, 72°, welche die Durchmesser 0°, 12°, 24° usf. enthalten, aus noch zu erörternden Gründen mit vierfachem Gewicht bestimmt worden.

Vor Auswertung des Beobachtungsmaterials waren die Korrektionsglieder λ zu bestimmen und an die Beobachtungen anzubringen. Die in einem Mikroskop, etwa

[1]) *Astronom. Nachr.* **130.** *Nr. 3098. 1892;* vergl. auch O. Schreiber, Untersuchung von Kreisteilungen mit zwei und vier Mikroskopen, *diese Zeitschr.* **6.** *S. 1. 1886*, sowie F. R. Helmert, Die Ausgleichungsrechnung usw. Leipzig 1872. *S. 56*; 2. Aufl. *1907. S. 454.*

in I, abgelesene Kreisstellung (entsprechend dem Richtungswert bei praktischen Messungen) ist die Summe der Kreisablesung und der in Bogenmaß verwandelten Trommelteile der Mikrometerablesungen, und diese Kreisstellung wird zweimal erhalten, aus der Einstellung der Mikrometerfäden auf den Gradstrich i und aus der Einstellung auf den benachbarten Teilstrich $i + 5'$:

$$i + (\mathrm{I})_i (1 + \lambda_\mathrm{I})\, 3'' = i + 5' + (\mathrm{I})_{i+5} (1 + \lambda_\mathrm{I})\, 3''.$$

Daraus folgt

$$\lambda_\mathrm{I} = \frac{5 \cdot 60 + ((I)_{i+5} - (I)_i)\, 3}{((I)_i - (I)_{i+5})\, 3},$$

oder, da sehr nahe $(\mathrm{I})_i - (\mathrm{I})_{i+5} = 100^p$ beträgt (nämlich bis auf Teilungs- und Beobachtungsfehler und Eichungskorrektion λ):

$$\lambda_\mathrm{I} = \frac{100 + (\mathrm{I})_{i+5} - (\mathrm{I})_i}{100}.$$

Aus allen so gebildeten Einzelwerten wurden Teilmittel gerechnet, und für jede Beobachtungsreihe wurden nur diejenigen Korrektionsglieder λ_I λ_II λ_III und λ_IV verwandt, die aus dieser Reihe selbst gerechnet worden waren. Leider waren die Mikrometereichungen (also die Größen λ) während der Beobachtungen aus mehrfachen Gründen nicht dauernd konstant zu halten. Die Hauptschwierigkeit lag in der ungleichen Wärmeausdehnung der (konisch geschliffenen) Achse des Teilkreisprüfers und der sie umschließenden Buchse. Temperaturänderungen von wenigen Graden bedingten schon eine notwendige Hebung bzw. Senkung der Achse, damit sie nicht schlotterte oder nicht zu fest ging. Dies hatte aber zur Folge, daß die Kreisteilung beim Heben der Achse den Mikroskopen genähert und beim Senken von diesen entfernt wurde, wodurch sich jedesmal die Eichung der Mikrometer änderte. Jeder andere Eingriff in das Instrument (z. B. die Änderung des Winkels A), auch lediglich längere Ruhepausen, hatten ebenfalls in der Regel Änderungen der Mikrometereichungen zur Folge. Die verschiedenen zur Reduktion benutzten Teilmittel der λ sind folgende:

λ_I	λ_II	λ_III	λ_IV
− 0,0019	0,0000	+ 0,0014	− 0,0109
+ 0,0018	− 0,0006	+ 0,0031	− 0,0082
− 0,0017	+ 0,0014	+ 0,0013	− 0,0120
+ 0,0010	− 0,0001	+ 0,0017	− 0,0121
− 0,0009	+ 0,0013	+ 0,0024	− 0,0080
+ 0,0041	+ 0,0012	+ 0,0032	− 0,0083
+ 0,0003	+ 0,0004	+ 0,0024	− 0,0079
− 0,0002	+ 0,0016	+ 0,0040	− 0,0057
− 0,0006	− 0,0001	+ 0,0024	− 0,0079
+ 0,0024	+ 0,0004	+ 0,0025	− 0,0083
+ 0,0009	+ 0,0017	+ 0,0031	− 0,0082
+ 0,0007	+ 0,0009	+ 0,0033	− 0,0073
+ 0,0001	+ 0,0009	+ 0,0035	− 0,0074

Hierbei ist zu bemerken, daß die Zimmertemperatur aus noch anzugebenden Gründen im Minimum $-0{,}6^0$, im Maximum $+35{,}6^0$ C betrug.

Nach der Ermittelung der Mikrometereichungen lassen sich die jeweiligen Armdistanzen A (Fig. 3) durch die Messungsergebnisse darstellen:

$$A_{\mathrm{III,\,IV}} = +k - i + (\mathrm{IV})_k\, 3\,(1 + \lambda_\mathrm{IV}) - (\mathrm{III})_i\, 3\,(1 + \lambda_\mathrm{III}),$$

$$A_{\mathrm{I,\,II}} = +k - i + (\mathrm{II})_{k+180}\, 3\,(1 + \lambda_\mathrm{II}) - (\mathrm{I})_{i+180}\, 3\,(1 + \lambda_\mathrm{I}).$$

Hierbei ist auf Beobachtungsfehler und Instrumentänderungen während der Dauer der Messung noch keine Rücksicht genommen worden. Im Mittel hat man für einen Winkel:

$$\frac{A_{\mathrm{III,\,IV}} + A_{\mathrm{I,\,II}}}{2} = A_1 =$$

$$+ k - i + \frac{3}{2}\left[-(\mathrm{I})_{i+180}(1+\lambda_{\mathrm{I}}) + (\mathrm{II})_{k+180}(1+\lambda_{\mathrm{II}}) - (\mathrm{III})_i\, 3\,(1+\lambda_{\mathrm{III}}) + (\mathrm{IV})_k\, 3\,(1+\lambda_{\mathrm{IV}})\right].$$

Ganz ebenso folgt eine zweite Gleichung aus der Beobachtung der + 5′ Striche und eine dritte und vierte aus der Wiederholung nach Drehung des Teilkreises um 180°. Alle vier Gleichungen, wieder zum Mittel vereinigt, geben

$$\frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} = A = + k - i + (i, k).$$

Zur Abkürzung ist gesetzt:

$$(i, k) = \frac{3}{8}\left|\begin{array}{l} -\left[(\mathrm{I})_{i+180} + (\mathrm{I})_{i+180+5} + (\mathrm{I})_i + (\mathrm{I})_{i+5}\right](1+\lambda_{\mathrm{I}}) \\ +\left[(\mathrm{II})_{k+180} + (\mathrm{II})_{k+180+5} + (\mathrm{II})_k + (\mathrm{II})_{k+5}\right](1+\lambda_{\mathrm{II}}) \\ -\left[(\mathrm{III})_i + (\mathrm{III})_{i+5} + (\mathrm{III})_{i+180} + (\mathrm{III})_{i+180+5}\right](1+\lambda_{\mathrm{III}}) \\ +\left[(\mathrm{IV})_k + (\mathrm{IV})_{k+5} + (\mathrm{IV})_{k+180} + (\mathrm{IV})_{k+180+5}\right](1+\lambda_{\mathrm{IV}}) \end{array}\right|.$$

Die Gleichung $A = + k - i + (i, k)$ ist noch zu vervollständigen:

1. Die Teilungsfehler des Teilkreises bewirken, daß den Durchmessern i, k nicht streng die Kreisablesungen zukommen, sondern die um $+[i]$, $+[k]$ verbesserten Kreisablesungen. Es sollen die „Durchmesserkorrektionen $[i]$, $[k]$“ in Bogensekunden ausgedrückt werden.
2. Von jedem Messungsergebnis (i, k) ist noch der unvermeidliche Beobachtungsfehler v abzuziehen.
3. Die Winkel A zwischen den Mikroskoparmen (Fig. 3) sind nicht bekannt und treten daher auch als Unbekannte in den Gleichungen auf. Für $A - (k - i)$ möge α geschrieben werden.

Die vollkommen strenge Gleichung heißt nun

$$A = (k + [k]) - (i + [i]) + \{(i, k) - v\},$$

oder

$$v = (i, k) + [k] - [i] - \alpha.$$

Für die auf *S. 12* angegebenen Einstellungen der Teilrosette mit dem Winkel 60° erhält man beispielsweise die Fehlergleichungen:

$v_1 = (0{,}60) + [60] - [0] - \alpha$ (Einstellung auf Zeile 1) und 4)
$v_2 = (60{,}120) + [120] - [60] - \alpha$ „ „ „ 2) „ 5)
$v_3 = (120{,}0) + [0] - [120] - \alpha$ „ „ „ 3) „ 6)
$v_1^* = (0{,}60)^* + [60] - [0] - \alpha$ „ „ „ 4) „ 7)

Die letzte Gleichung ist stets gebildet, aber nicht weiter verwendet worden; sie war nur dazu bestimmt, über die möglicherweise eingetretenen Änderungen des Winkels A zwischen den Mikroskopen (d. i. der Größe α) Rechenschaft zu geben. Bei der kurzen Dauer einer solchen Teilrosettenmessung war es nur selten nötig, die Messung wegen Änderung der Armdistanz A zu verwerfen. Wohl aber mußte α für jede neue Teilrosette als neue Unbekannte angesehen werden, da eine geringe stetige, bisweilen auch ruckweise Änderung der Armdistanz A merkbar war (wahrscheinlich

infolge wechselnder Wärmeverteilung, die durch die Strahlung der elektrischen Glühlämpchen und durch die Körperwärme des Beobachters verursacht sein mochte). Aus den Fehlergleichungen einer jeden Teilrosette wurden schließlich in üblicher Weise reduzierte Fehlergleichungen gebildet:

$$v_1' = (0{,}60)' + [60] - [0]$$
$$v_2' = (60{,}120)' + [120] - [60]$$
$$v_3' = (120{,}0)' + [0] - [120]$$

Insgesamt lieferten die Messungen der fünf Rosetten:

$$36^0,\ 40^0,\ 60^0,\ 72^0,\ 80^0$$

$5 \cdot 45 = 225$ Fehlergleichungen.

Für den Heydeschen Kreis, der zuerst untersucht worden ist, ist das Beobachtungsprogramm nicht so einheitlich durchgeführt worden. Die Mikrometereichungen sind nicht aus dem Beobachtungsmaterial selbst, sondern aus besonderen Messungen ausgewählter Kreisteilungsintervalle gewonnen worden. Da aber kleine Änderungen der Eichungskonstanten nicht zu vermeiden waren, so führte die zeitliche Trennung der Beobachtungen von den Eichungsbestimmungen mehrfach zur Verwerfung von Beobachtungen. Die Rosetten sind anfangs nicht so stark unterteilt worden als bei der Untersuchung des Hildebrandschen Kreises. Die merkbaren Änderungen der Größe α wurden aus der Vergleichung der ersten Ablesungen mit den Wiederholungen am Schlusse der Teilrosettenmessung (wie es beim Hildebrandschen Kreise erklärt ist) hergeleitet und der Zeit proportional verteilt. Durch weitgehendste Teilung der Rosettenmessungen konnte diese Mehrarbeit schließlich gespart werden. Es war von vornherein beabsichtigt, die Mikrometerschrauben bei der Hälfte einer Rosettenmessung (und zwar bei der Wiederholung nach Drehung des Kreises um 180⁰) um $^1/_2$ Umdrehung zu verstellen zwecks Ausscheidung von Schraubenfehlern. Da aber der Teilkreisprüfer keine Zentriervorrichtung besitzt, so war es (durch Probieren) nicht möglich, die Exzentrizität des Teilkreises unter ein bis zwei Minuten zu bringen. Dies hatte zur Folge, daß die Ablesungen an den Mikrometern I, II und IV zwischen zwei Messungen, zwischen denen der Kreis um 180⁰ gedreht war, jeden möglichen Parswert durchwanderten, trotzdem an dem einen Mikroskop III die zweite Einstellung genau auf $+ {}^1/_2$ Umdrehung gegen die erste Einstellung gebracht worden war. Es blieb also nur noch übrig, bei annähernd gleicher Kreisstellung zwei Messungen auszuführen mit Trommelablesungen, die um $^1/_2$ Umdrehung ($= 25^p$) voneinander verschieden waren; also etwa die Gradstriche einzumessen, dann den Teilkreis um $5' + {}^1/_2$ Schraubenumdrehung $= 5'50''$ zu drehen und nun den $+ 5'$ Strich einzumessen. (Wollte man den Teilkreis zwischen der Einmessung des Gradstriches und des $+ 5'$-Striches nicht drehen, so hätten zur Ausscheidung von Schraubenfehlern die gesamten Messungen wiederholt werden müssen, was eine unnütze Genauigkeitssteigerung und Mehrarbeit bedeutet hätte.) Dies Verfahren zur Ausscheidung von Schraubenfehlern wurde für den größten Teil der Untersuchung wirklich durchgeführt; es hat aber den schwerwiegenden Nachteil, daß die 5'-Intervalle durch die Kreisdrehung geändert werden und daher nicht mehr zur Eichung der Mikrometertrommeln dienen können, also besondere, von den Beobachtungen zeitlich getrennte Eichungsmessungen notwendig machen. Überdies sind periodische Schraubenfehler bei Teilkreisuntersuchungen nicht von so großer Bedeutung als bei praktischen Messungen; sie wirken nicht direkt, sondern nur mittelbar durch die Exzentrizität des Teilkreises auf das Endergebnis ein: Angenommen, der Teilkreis sei frei von Exzentrizität, dann

werde beispielsweise der Winkel von 0° bis 36° (einer Teilrosette mit 36° Armdistanz) durch Schraubenfehler um $+\Delta A$ vergrößert. Der zweite Winkel, von 36° bis 72°, wird nahezu an denselben Stellen der Schraube gemessen (denn er unterscheidet sich vom ersten Winkel nur durch Teilungs- und Beobachtungsfehler), erleidet also dieselbe Fälschung, und jeder folgende Winkel weicht auch um diesen Betrag von der Wahrheit ab. Durch Abstimmung aller gemessenen Winkel einer Teilrosette auf einen Vollkreis (das geschieht durch Bildung der reduzierten Fehlergleichungen) fallen die Fehlerkonstanten ΔA und damit die Schraubenfehler vollkommen heraus. Ist dagegen der Teilkreis schlecht zentriert, so werden einmal die Winkel $A_1 + \delta A_1$, $A_2 + \delta A_2$ usf. gemessen und bei Wiederholung der Messung nach der Kreisdrehung um 180° die Winkel $A_1 - \delta A_1$, $A_2 - \delta A_2 \delta$ usf. Den Exzentrizitäten δA entsprechen die Trommelteile δT. Die Schraubenfehler sind aber für $+\delta T_1$, $+\delta T_2 \ldots$ verschieden von denen für $-\delta T_1$, $-\delta T_2 \ldots$ und gehen daher in das Endergebnis der Beobachtungen zwar ein, im allgemeinen aber nur mit einem Teilbetrag. Aus diesen Gründen sind bei der Untersuchung des zweiten (Hildebrandschen) Teilkreises die Schraubenfehler nicht eliminiert worden. Das übliche Aufspannen von zwei Paar Parallelfäden im Abstand von + 1 Teilkreisintervall ± 1/2 Schraubenumdrehung wäre auch ein Hilfsmittel zum Ausscheiden von Schraubenfehlern ohne Vergrößerung der Beobachtungsarbeit. Es würde aber im allgemeinen für jeden Teilkreis das Neuaufspannen von acht Mikrometer-(Parallel-)Fäden notwendig machen.

Zur Bestimmung der Eichungskorrektionen λ sind die Intervalle 359° 55′ bis 0° + 5′, 89° 55′ bis 90° 5′, 179° 55′ bis 180° 5′, 269° 55′ bis 270° 5′ in jedem Mikroskop je zweimal mit der mittleren Trommelstellung 0^p und zweimal mit der mittleren Trommelstellung 25^p (= 1/2 Schraubenumdrehung) gemessen worden. Nahezu ist ein Trommelteil zwei Bogensekunden gleichwertig oder genau

$$2'' = 1^p \cdot 2(1+\lambda).$$

Folgende — ausnahmslos positive — Werte für λ sind nacheinander bestimmt worden:

λ_{I}	λ_{II}	λ_{III}	λ_{IV}
0,0091	0,0123	0,0166	0,0040
0,0106	0,0135	0,0178	0,0063
0,0119	0,0150	0,0175	0,0068
0,0117	0,0157	0,0185	0,0071
0,0126	0,0153	0,0176	0,0066
0,0092	0,0126	0,0162	0,0030
0,0098	0,0145	0,0169	0,0046
0,0112	0,0160	0,0176	0,0014
0,0109	0,0159	0,0177	0,0052
0,0091	0,0132	0,0163	0,0036
0,0094	0,0135	0,0160	0,0033

Das Minimum der Temperatur während dieser Beobachtung betrug 14,8°, das Maximum 43,6° C.

Die anderen Einzelheiten in der Beobachtung und im Rechnungsgang entsprechen genau denen in der Untersuchung des Hildebrandschen Kreises.

Zur Prüfung der Homogenität des verwandten Materials (Messingrotguß mit eingelegtem Silberstreifen) sind die Rosettenmessungen für die Durchmesser 0°, 12°, 24° ... mit erhöhtem Gewicht einmal bei niedriger und einmal bei hoher Temperatur ausgeführt worden. Die Differenz beider Messungen gibt Aufschluß darüber, ob der Teilkreis sich bei Temperaturänderungen in allen Teilen gleichmäßig ausdehnt bzw. zusammenzieht. Zu einer solchen Untersuchung gaben die Erfahrungen Anlaß, die

mit einem gußeisernen Teilkreis gemacht worden waren[1]). Die Temperaturdifferenzen zwischen den beiden Messungsreihen betrugen im Durchschnitt 22,35° C beim Heydeschen und 25,8° C beim Hildebrandschen Teilkreis. Subtrahiert man die reduzierten Fehlergleichungen, welche zu den Messungen bei tiefer Temperatur gehören, von denen, die der höheren Temperatur entsprechen, und dividiert durch die zugehörige Temperaturdifferenz, so ergeben sich die folgenden reduzierten Fehlergleichungen, in denen die Unbekannten [i], [k] Verbesserungen in Bogensekunden bedeuten, die man den Durchmesserkorrektionen zufügen muß, wenn die Temperatur des Kreises um 1° C steigt.

		Heyde	Hildebrand
v =	[36] — [0]	+ 0,027″	0,000″
	[72] — [36]	— 0,012	+ 0,010
	[108] — [72]	— 0,021	— 0,011
	[144] — [108]	— 0,006	+ 0,005
	[0] — [144]	+ 0,012	— 0,005
v =	[48] — [12]	— 0,002″	— 0,012″
	[84] — [48]	— 0,006	+ 0,013
	[120] — [84]	+ 0,021	+ 0,011
	[156] — [120]	+ 0,002	+ 0,018
	[12] — [156]	— 0,014	— 0,031
v =	[60] — [24]	+ 0,004″	— 0,015″
	[96] — [60]	— 0,006	— 0,015
	[132] — [96]	— 0,008	+ 0,014
	[168] — [132]	+ 0,009	+ 0,026
	[24] — [168]	+ 0,001	— 0,010
v =	[60] — [0]	— 0,016″	+ 0,008″
	[120] — [60]	+ 0,021	— 0,015
	[0] — [120]	— 0,005	+ 0,007
v =	[72] — [12]	+ 0,006″	+ 0,009″
	[132] — [72]	+ 0,003	+ 0,013
	[12] — [132]	— 0,008	— 0,022
v =	[84] — [24]	+ 0,007″	+ 0,013″
	[144] — [84]	— 0,020	— 0,017
	[24] — [144]	+ 0,013	+ 0,004
v =	[96] — [36]	— 0,003″	— 0,007″
	[156] — [96]	— 0,004	+ 0,013
	[36] — [156]	+ 0,006	— 0,007
v =	[108] — [48]	— 0,015″	— 0,016″
	[168] — [108]	+ 0,005	+ 0,019
	[48] — [168]	+ 0,009	— 0,003
v =	[72] — [0]	+ 0,048″	— 0,008″
	[108] — [36]	— 0,004	+ 0,004
	[144] — [72]	— 0,027	+ 0,021
	[0] — [108]	0,000	— 0,005
	[36] — [144]	— 0,017	— 0,011
v =	[84] — [12]	+ 0,027″	+ 0,027″
	[120] — [48]	+ 0,008	— 0,022
	[156] — [84]	+ 0,005	+ 0,006
	[12] — [120]	— 0,015	+ 0,008
	[48] — [156]	+ 0,005	— 0,020
v =	[96] — [24]	+ 0,019″	+ 0,007″
	[132] — [60]	+ 0,015	— 0,013
	[168] — [96]	— 0,002	+ 0,004
	[24] — [132]	+ 0,001	— 0.004
	[60] — [168]	— 0,033	+ 0,007

(Tabelle siehe umstehend.)

Die Auflösung gibt die Unbekannten [i] = Zunahme der Durchmesserkorrektion für 1° C Temperaturzunahme:

	Heyde	Hildebrand		Heyde	Hildebrand
[0] =	+ 0,0084″	+ 0,0033″	[96] =	— 0,0037″	+ 0,0031″
[12] =	+ 0,0101	+ 0,0100	[108] =	+ 0,0055	+ 0,0076
[24] =	+ 0,0041	— 0,0017	[120] =	— 0,0138	+ 0,0075
[36] =	— 0,0048	+ 0,0049	[132] =	0,0000	— 0,0021
[48] =	— 0,0059	+ 0,0009	[144] =	+ 0,0102	— 0,0017
[60] =	+ 0,0110	— 0,0069	[156] =	- 0,0046	— 0,0128
[72] =	— 0,0096	+ 0,0056	[168] =	— 0,0040	— 0 0090
[84] =	— 0,0036	— 0,0084			

[1]) *Veröffentl. des Königl. Preuſs. Geodät. Instituts. Neue Folge* **45.** *S. 41. 1910 und* **51.** *S. 38. 1911.*

Gemäß den Vorschriften der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate folgen daraus die Normalgleichungen:

																Heyde	Hildebrand
0 =	+ 6 [0]	.	.	− [36]	.	− [60]	− [72]	.	.	− [108]	− [120]	.	− [144]	.	.	− 0,052″	− 0,003″
0 =	.	+ 6 [12]	.	.	− [48]	.	− [72]	− [84]	.	.	− [120]	− [132]	.	− [156]	.	− 0,098	− 0,069
0 =	.	.	+ 6 [24]	.	.	− [60]	.	− [84]	− [96]	.	.	− [132]	− [144]	.	− [168]	− 0,015	− 0,015
0 =	− [0]	.	.	+ 6 [36]	.	.	− [72]	.	− [96]	− [108]	.	.	− [144]	− [156]	.	+ 0,035	− 0,025
0 =	.	− [12]	.	.	+ 6 [48]	.	.	− [84]	.	− [108]	− [120]	.	.	− [156]	− [168]	+ 0,025	− 0,010
0 =	− [0]	.	− [24]	.	.	+ 6 [60]	.	.	− [96]	.	− [120]	− [132]	.	.	− [168]	− 0,075	+ 0,043
0 =	− [0]	− [12]	.	− [36]	.	.	+ 6 [72]	.	.	− [108]	.	− [132]	− [144]	.	.	+ 0,087	− 0,012
0 =	.	− [12]	− [24]	.	− [48]	.	.	+ 6 [84]	.	.	− [120]	.	− [144]	− [156]	.	+ 0,022	+ 0,053
0 =	.	.	− [24]	− [36]	.	− [60]	.	.	+ 6 [96]	.	.	− [132]	.	− [156]	− [168]	+ 0,024	− 0,046
0 =	− [0]	.	.	− [36]	− [48]	.	− [72]	.	.	+ 6 [108]	.	.	− [144]	.	− [168]	− 0,039	− 0,042
0 =	− [0]	− [12]	.	.	− [48]	− [60]	.	− [84]	.	.	+ 6 [120]	.	.	− [156]	.	+ 0,098	− 0,059
0 =	.	− [12]	− [24]	.	.	− [60]	− [72]	.	− [96]	.	.	+ 6 [132]	.	.	− [168]	+ 0,008	+ 0,014
0 =	− [0]	.	− [24]	− [36]	.	.	− [72]	− [84]	.	− [108]	.	.	+ 6 [144]	.	.	− 0,061	+ 0,021
0 =	.	− [12]	.	− [36]	− [48]	.	.	− [84]	− [96]	.	− [120]	.	.	+ 6 [156]	.	+ 0,006	+ 0,095
0 =	.	.	− [24]	.	− [48]	− [60]	.	.	− [96]	− [108]	.	− [132]	.	.	+ 6 [168]	+ 0,035	+ 0,055
0 =	+ [0]	+ [12]	+ [24]	+ [36]	+ [48]	+ [60]	+ [72]	+ [84]	+ [96]	+ [108]	+ [120]	+ [132]	+ [144]	+ [156]	+ [168]	0	0

Die Quadratsumme der Absolutglieder der Fehlergleichungen beträgt 0,0121 (Heyde) bzw. 0,0085 (Hildebrand), und die Quadratsumme der übrigbleibenden Fehler 0,0061 bzw. 0,0042.

Also ist der mittlere Fehler einer Fehlergleichung

vor der Ausgleichung $\sqrt{\frac{0,0121}{45-11}} = \pm 0,0189''$;

nach der Ausgleichung $\sqrt{\frac{0,0061}{45-11-15+1}} = \pm 0,0175''$,

bzw. vor der Ausgleichung $\sqrt{\frac{0,0085}{45-11}} = \pm 0,0158''$;

nach der Ausgleichung $\sqrt{\frac{0,0042}{45-11-15+1}} = \pm 0,0145''$.

Ein geringer Einfluß der Inhomogenität des verwendeten Teilkreismaterials auf die Durchmesserkorrektionen ist also vorhanden; die Abnahme des mittleren Fehlers einer Fehlergleichung durch Einführung der Abhängigkeit der Durchmesserkorrektionen von der Temperatur ist aber sehr gering. Die errechneten Größen $[i]$ dürften daher kaum reell sein. Jedenfalls sind sie, weil sehr klein, praktisch bedeutungslos. Das Gewicht einer Unbekannten $[i]$ ist 6,08; der mittlere Fehler einer Unbekannten daher $\frac{0,0175}{\sqrt{6,08}} = \pm 0,0071''$ bzw. $\frac{0,0145}{\sqrt{6,08}} = \pm 0,0059''$. Faßt man dagegen die Korrektionen $[i]$ als Zufallswerte auf, denen keine reelle Bedeutung zukommt, so ist die mittlere Größe eines Wertes $[i]$: $\sqrt{\frac{0,000849}{15-1}} = \pm 0,0078''$ bzw. $\sqrt{\frac{0,000664}{15-1}} = \pm 0,0069''$, also nur wenig größer als ihr mittlerer Fehler. Auch diese Vergleichung führt zu der obigen Schlußfolgerung. Die Beobachtungen bei den extremen Temperaturen konnten daher zur Bestimmung der Durchmesserkorrektionen ohne weiteres mit verwendet werden.

Die Absolutglieder der obigen Fehlergleichungen können dazu dienen, den mittleren Fehler einer Mikrometereinstellung zu berechnen. Man beachte, daß zweimal je 8 Mikrometereinstellungen gemittelt und voneinander subtrahiert werden, um das Absolutglied einer Fehlergleichung vom Gewicht 1 zu bilden. Die Messungen bei den niedrigen Temperaturen sind doppelt, die bei den hohen Temperaturen doppelt beim Heydeschen und dreifach beim Hildebrandschen Kreis ausgeführt. Schließlich ist durch die Temperaturdifferenz dividiert worden. Man wird daher rückwärts die errechneten mittleren Fehler einer der obigen Fehlergleichungen mit

$$22,35 \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}} = 22,35 \text{ bzw. } 25,8 \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}+\frac{1}{3}} = 30,96$$

multiplizieren müssen, um den mittleren Fehler einer für die Durchmesserkorrektion gebrauchten Fehlergleichung vom Gewicht 1 zu erhalten; dies gibt $0,0175 \cdot 22,35 = \pm 0,39''$ bzw. $0,0145 \cdot 30,96 = \pm 0,45''$. Der mittlere Fehler einer Mikrometereinstellung ist daher $\frac{0,39\sqrt{8}}{\sqrt{2}} = \pm 0,78''$ bzw. $\frac{0,45\sqrt{8}}{\sqrt{2}} = \pm 0,90''$ oder in partes ausgedrückt ($1^p = 2''$ beim Heydeschen, $= 3''$ beim Hildebrandschen Kreis): $\pm 0,39^p$ bzw. $\pm 0,30^p$.

Die relativ größere Messungsgenauigkeit beim Hildebrandschen Kreis erklärt sich aus der Einheitlichkeit des Beobachtungsprogramms, der äußersten Unterteilung der Rosetten und der raschen Durchführung einer einzelnen Teilrosettenmessung.

(Schluß folgt.)

Ein neues Präzisionskolorimeter[1]).

Von
P. G. Nutting in Washington.

Bekanntlich kann irgend eine Farbe auf zwei verschiedenen Wegen analysiert werden: 1. durch das Verhältnis dreier primärer Komponenten, rot, grün und blau (dreifarbige Analyse), oder 2. durch die Bestimmung der Wellenlänge der Hauptfarbe oder ihrer Komplementärfarbe und dem prozentischen Anteil von Weiß (einfarbige Analyse). Geometrisch kann der Farbenpunkt durch dreilinige oder Polar-Koordinaten gefunden werden. Von den drei Farbenelementen, Lichtstärke, Farbenton und Sättigungsgrad[2]), wird die Lichtstärke durch ein Photometer oder durch den Photometerteil eines Kolorimeters, der Farbenton und die Sättigung durch ein Kolorimeter ermittelt.

Die zu analysierenden Farben rühren von Lichtstrahlen her, die von irgendeiner Lichtquelle *emittiert*, oder von einem selektiv absorbierenden Medium *hindurchgelassen*, oder von einer matten oder halbmatten Fläche *reflektiert* sind; sie können spektral oder purpurn sein, je nachdem ihre vorherrschende Färbung im sichtbaren Spektrum liegt oder nicht. In allen diesen Fällen muß das Kolorimeter verwendbar sein.

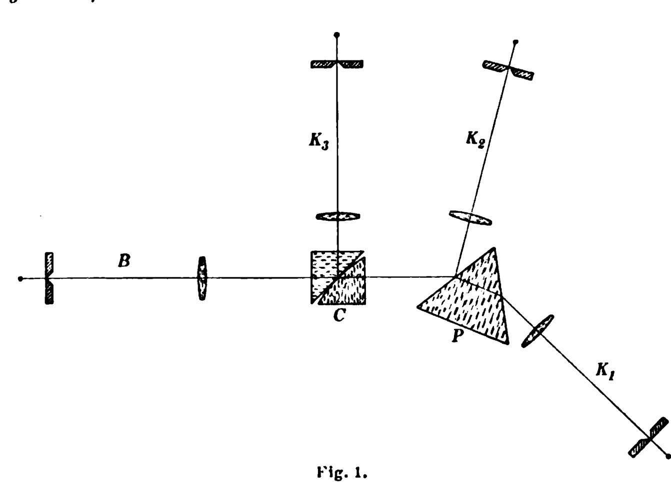


Fig. 1.

Ein einfarbiger Analysator, das Ivessche[3]) Kolorimeter war mehrere Jahre erfolgreich im Gebrauch. Eine einfarbige Methode wurde schon im Jahre 1890 von Abney[4]) für eine Laboratoriumsuntersuchung erdacht und verwendet. Der hier beschriebene einfarbige Analysator ist als praktisch brauchbares Kolorimeter von großem Bereich, hoher Genauigkeit und äußerster Einfachheit gedacht.

Der Vorteil der einfarbigen Analyse liegt darin, daß die willkürlichen Beziehungsmaße (rot, grün und blau) eliminiert und die Ablesungen direkt in Wellenlängen und der Quantität weißen Lichtes gegeben sind. Beide Methoden bedürfen der Definition irgendeines Normalmaßes für Weiß. Die Dreifarbenanalyse kann für spektrale wie auch für purpurne Farben verwendet werden, die Einfarbenmethode erfordert einen Wechsel von zwei Lichtquellen oder Hilfsmitteln beim Übergang von spektralen Farben zum Purpur. Immer jedoch variieren die Ablesungen etwas mit dem Beobachter, so daß die Korrektion für die absolute Farbenskala auf den Durchschnittseigenschaften einer Anzahl normaler Augen beruhen muß.

Das neue Kolorimeter ist so angeordnet, daß Licht einer reinen Spektralfarbe mit weißem Licht gemischt werden kann, bis es mit dem unbekannten übereinstimmt,

[1]) Aus dem Englischen übersetzt von Dr. L. Janicki.

[2]) H. von Helmholtz, Handbuch der physiolog. Optik. 2. Aufl. *S. 321. 1896.*

[3]) F. E. Ives, *Journ. Franklin Inst.* **164.** *S. 421. 1907.*

[4]) W. de W. Abney, *Color Measurements and Mixtures. S. 162. 1891.*

oder daß es im Falle des Purpurs mit dem unbekannten Licht vereinigt wird, bis es mit dem Weiß übereinstimmt. Zum Vergleich dient der Lummer-Brodhun-Photometerwürfel.

Aus der Fig. 1 sind die optischen Teile des Apparates zu ersehen. Der Kollimator K_1 ist beweglich, alle übrigen Teile sind fest. Kollimator K_1 und Beobachtungsrohr B bilden mit dem Prisma P ein gewöhnliches Spektroskop mit einem Lochokular. Das weiße und unbekannte Licht tritt durch den Kollimator K_2 und K_3 ein in direkter oder umgekehrter Reihenfolge, je nachdem der Vergleich mit der Haupt- oder Komplementärfarbe gemacht wird. Bei der Analyse reflektierten Lichtes wird der betreffende Kollimator gehoben, gedreht oder auch, bei Verwendung von Sonnenlicht, ganz entfernt.

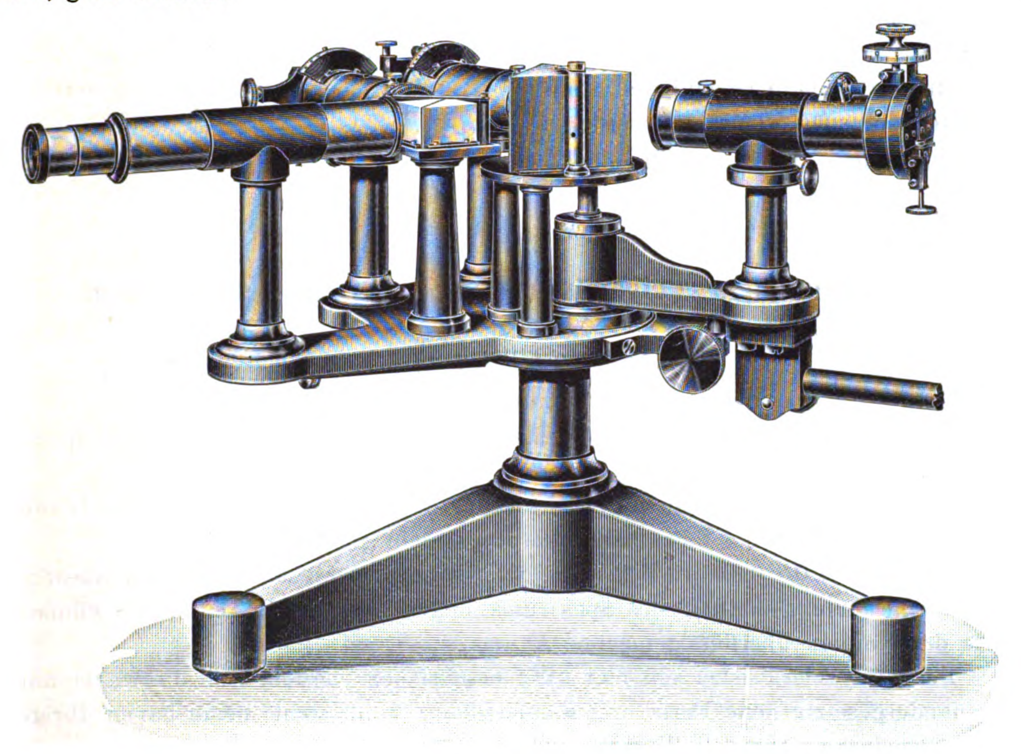


Fig. 2.

Die Wellenlängen werden einfach durch Drehen des Kollimators K_1 verändert und durch Ablesung seiner Stellung bestimmt. Die Intensitäten können variiert werden, 1. durch Verändern der Spaltweiten, 2. durch die Umdrehungen eines Sektors oder 3. durch Drehen eines von einem Paar Nikols, die hinter dem Spalt angebracht sind. Das jetzt im Gebrauch befindliche Kolorimeter ist mit einem Bilateralspalt am ersten Kollimator versehen, während Kollimator K_2 und K_3 je ein Paar Nikols besitzen. Bestimmt werden die Intensitäten, indem zwischen B und Photometerwürfel C eine rotierende, weiße 180°-(Whitman-)Scheibe eingeschaltet wird, die von einer Normallampe beleuchtet ist. Dadurch ist die Intensität von jedem der drei zusammenwirkenden Strahlen gesondert gegeben. Anstatt dieser Flimmerphotometer-Anordnung kann auch in anderer einfacher Weise das Helligkeitsverhältnis zweier Lichtstrahlen bestimmt werden. Um z. B. zwei Strahlen mit K_1 und K_2 zu vergleichen, wird die obere Hälfte des Objektivs von K_1 und die untere Hälfte desjenigen von K_2 mit

schwarzer Pappe bedeckt und dann die Spaltweite von K_1 verändert, bis Intensitätsgleichheit vorhanden ist. Diese Spaltweite, verglichen mit der ursprünglichen, stellt das Verhältnis der Intensitäten der beiden Strahlen dar.

Ein Versuchskolorimeter von der oben beschriebenen Form wurde im *Bureau of Standards* im Anfang des Frühlings 1911 zusammengesetzt und erwies sich als brauchbar. Später wurden die optischen Teile bei Fuess bestellt und der Apparat in den Bureau-Werkstätten gebaut. Dieses neue Instrument ist seit Anfang 1912 ständig in Gebrauch für Prüfungs- und Untersuchungsarbeiten. Die Fig. 2 gibt die Ansicht eines von R. Fuess in Steglitz-Berlin nach meinen Angaben gebauten Kolorimeters.

Verschiedene kolorimetrische Aufgaben werden gegenwärtig mit diesem Apparat behandelt und werden später veröffentlicht werden. Die Empfindlichkeit des Kolorimeters ist in chromatischer und photometrischer Beziehung diejenige des Auges. Über die erreichbare Genauigkeit und die systematischen Fehler von Apparat und Methode wird später berichtet werden.

Washington, Bureau of Standards 1912.

Über eine neue Prismenform mit gekrümmten Flächen.

Von
André Callier in Gent[1].

Allgemeines.

Es sind schon früher Versuche gemacht worden, um die Linsen in der spektroskopischen Technik zu vermeiden.

Zum Beispiel findet man in der Literatur eine Vorrichtung von Matthiesen[2]), Lentiprisma genannt, die theoretisch allerdings nicht ganz richtig ist.

Im Jahre 1910 beschrieb Prof. Féry[3]) eine äußerst sinnreiche Prismenform, welche eine gute Definition des Spektrums liefert und die Linsen des Kollimators sowie der Kamera überflüssig macht.

Das Férysche Prisma soll hier kurz beschrieben werden, weil die weiter unten auseinandergesetzte neue Form in Zusammenhang damit steht; beide haben übrigens vieles Gemeinsame mit dem Konkavgitter.

Die Bedingung, um mit einem Prisma gute Definition der Spektrallinien zu bekommen, besteht darin, daß die verschiedenen, von einem Punkt des Spaltes kommenden Strahlen den gleichen Winkel mit der Eintrittsfläche des Prismas bilden und (bei monochromatischem Lichte) die verschiedenen Punkte der Austrittsfläche des Prismas unter einem und demselben Winkel verlassen. Sind diese beiden Winkel gleich, so steht das Prisma für die betrachtete Wellenlänge im Minimum der Ablenkung.

Die Frage wurde gewöhnlich derart gelöst, daß man parallele Strahlen auf eine plane Prismenfläche einfallen ließ. Wie Féry aber zuerst zeigte, kann man dieses

---

[1]) Prof. Féry teilt mir brieflich mit, daß er schon früher (1910) diese Prismenform ausgedacht habe, aber wegen Verschiebung der Einstellungsebene für verschiedene Wellenlängen verlassen habe. Es soll hier bemerkt werden, daß diese Verschiebung beim Féryschen Prisma auch stattfindet.

[2]) H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. Leipzig, S. Hirzel. 1900. 1. Bd., *S. 491.*

[3]) C. Féry, *Journ. de phys.* **9.** *S. 762. 1910; Compt. rend.* **150.** *S. 216. 1910;* Referat in *dieser Zeitschr.* **30.** *S. 164. 1910.*

Resultat bei einem Prisma in derselben Weise (und mit derselben Annäherung) wie bei dem Konkavgitter erreichen, wenn man die Kollimatorlinse fortläßt und dem Prisma eine geeignete, hohl gekrümmte Fläche gibt[1]).

Es ist mathematisch leicht zu beweisen, daß die Kurve, welche der Bedingung genügt, daß alle von einem Punkt F (Fig. 1) ausgehenden Geraden mit ihr denselben Winkel bilden, eine logarithmische Spirale MN ist, deren Pol mit dem Punkt F zusammenfällt.

Ihre Gleichung ist:

$$\varrho = K a^{\omega}\text{[2]}).$$

Betrachtet man jetzt eine kleine Strecke der Spirale, AB in Fig. 1, so kann man diese annähernd durch den Kreis derselben Krümmung ersetzen, dessen Radius, wie die Rechnung ergibt, gleich dem Durchmesser des Kreises ist, welcher durch die drei Punkte F, A und B geht. Der Mittelpunkt dieses Kreises ist somit D; auf der kleinen Strecke AB fällt der Kreis annähernd mit demjenigen aus dem Mittelpunkt O zusammen.

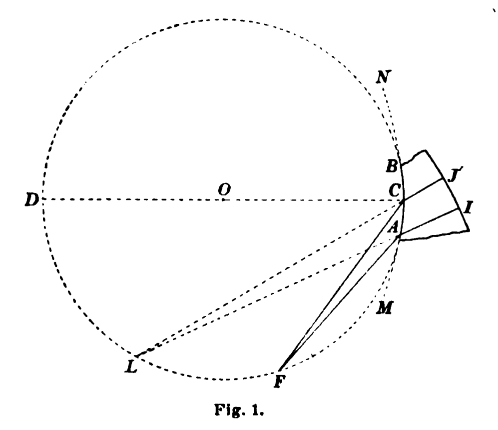


Fig. 1.

In dem Féryschen Prisma bildet nun der Teil AB die Durchschnittslinie der Eintrittsfläche mit der Ebene der Zeichnung. Die von F einfallenden Strahlen erzeugen nach der Brechung ein virtuelles Bild des Spaltes in einem Punkt L, der, wie mathematisch leicht zu beweisen ist, auf dem gleichen Kreise wie F, A und B liegt. Wird jetzt die Krümmung der zweiten Fläche JI des Prismas so gewählt, daß ihr Krümmungsmittelpunkt in L liegt, und wird sie mit einem reflektierenden Belag versehen, so entsteht in F ein reelles Bild des Spaltes, also bei heterogenem Licht ein Spektrum, das auf dem Kreise liegt.

Das eben beschriebene Prisma arbeitet also mit Autokollimation, deren Nachteile bekanntlich folgende sind:

1. Die Reflexion ist meistens mangelhaft und zudem für manche Wellenlängen verschieden.

2. Die Lichtquelle und der Bildort liegen nahe aneinander. Will man sie voneinander entfernen, wie Féry vorgeschlagen hat, so arbeitet das Prisma nicht mehr im Minimum der Ablenkung und die Defintion leidet.

3. Da Eintritts- und Austrittsfläche zusammenfallen, so ist eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Spektrums ausgeschlossen.

Die neue Form des Prismas.

Es wurde versucht, sämtliche Fehler durch Anwendung der Totalreflektion zu vermeiden. Die von Abbe beschriebene Vorrichtung[3]), welche allgemeiner unter dem Namen „Hilgers Prisma mit konstanter Ablenkung" bekannt ist, kann vorteilhaft gebraucht werden, wenn man den optisch wirksamen Flächen entsprechende Krümmungen erteilt.

---

[1]) F. Stanley, *Photogr. Journ.* **51.** *S. 88. 1911.*

[2]) Der Kreis ist der besondere Fall, wo $\omega = o$ ist.

[3]) E. Abbe, Gesammelte Abhandlungen. Jena, G. Fischer 1904. 1. Bd. *S. 5.*

Es seien in Fig. 2 AB und AC zwei gekrümmte Linien, welche Elemente zweier logarithmischen Spiralen darstellen. Dann muß jetzt von dem Spalt F ein reelles Bild in S entstehen, wenn die Kurve BD ein Teil der Ellipse ist, die L_1 und L_2 als Brennpunkte hat.

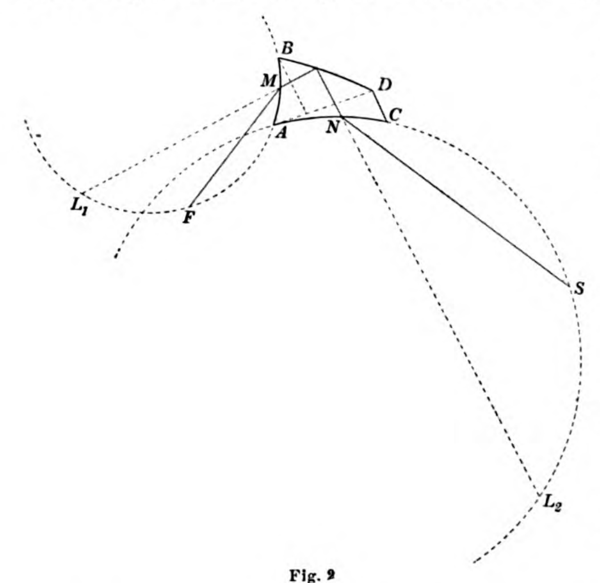


Fig. 2

Man sieht sofort ein, daß die beim Féryschen Prisma eintretenden Nachteile hier vermieden werden:

1. Die Reflexion ist eine totale.
2. Die Lichtquelle und der Bildort sind weit voneinander entfernt, auch im Minimum der Ablenkung.
3. Die Eintritts- und Austrittsflächen sind getrennt, können also verschiedene Krümmungen erhalten, so daß eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Abbildung des Spaltes ermöglicht wird.

Fernerhin sind Reflexe, falsches Licht usw. wohl leichter zu vermeiden.

Es war vor allem nötig, durch einen praktischen Versuch festzustellen, ob das Ersetzen der theoretischen Flächen durch sphärische die Definition herabdrücken würde.

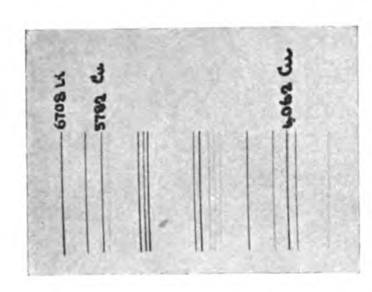


Fig. 3. Kupferbogen.
Stromstärke: 2,4 Amp.
Spaltbreite: 0,015 *mm*.
Spaltlänge: 5 „
Expositionsdauer: 1 Minute.
Platte: Wratten & Wainwright M-Platte, normal zu den einfallenden Strahlen und ungekrümmt.

Die Londoner Firma Ad. Hilger Ltd. unternahm bereitwilligst diese Untersuchung, und es sei mir hier gestattet, deren Direktor, Herrn Twyman, für seine liebenswürdige Unterstützung meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Die Untersuchung eines nach meinem Vorschlag geschliffenen Prismas ergab, daß der Astigmatismus wie beim Konkavgitter und Féryschen Prisma ziemlich groß ist, was eine Abbildung der einzelnen Teile des Spaltes nicht zuläßt. Dagegen erwies sich die Definition als vollständig befriedigend.

Fig. 3 gibt in natürlicher Größe ein Spektrogramm des Kupferbogens wieder, das von Hilger angefertigt wurde.

Die Hauptdaten des angewandten Prismas waren:

Krümmungsradius von AB und AC in Fig. 2 . .	= 602,49 *mm*
Krümmungsradius von BD	= 796,29 „
Glas Nr. 6790 . . . . N_D	= 1,645
Länge $FM = NS$	= 342,90 *mm*
Höhe des Prismas	= 33 „
Länge von AB	= 40 „
Relative Öffnung etwa	= $f/11$.

Es sei noch bemerkt, daß es praktisch nicht nötig ist, die Platte schief zu stellen oder sie zu krümmen. Das hier wiedergegebene Spektrogramm wurde, wie mir Herr Twyman mitteilt, unter diesen Umständen angefertigt.

Referate.

Das Turret-Teleskop von J. Hartness, ein neuer Typus der äquatorialen Fernrohrmontierung.

Von S. A. Mitchell. *Scientific American v. 9. März 1912 und Popular Astronomy* **20.** *S. 307. 1912.*

Das Arbeiten an einem Refraktor, der eine parallaktische Montierung der gewöhnlichen Art besitzt, bringt für den Beobachter zwei Unannehmlichkeiten mit sich, und diese bestehen darin, daß einerseits je nach der Lage des Gestirns die Stellung des Auges eine sehr unbequeme und ermüdende sein kann und anderseits, daß der Beobachtungsraum aus leicht begreiflichen Gründen nicht heizbar ist. Der Beobachter ist also den tiefen Temperaturen der Winternächte, ja häufig auch dem durch den offenen Kuppelspalt hervorgerufenen Luftzug ausgesetzt, ein Übelstand, der empfindlicheren Naturen Schaden bringen kann. Es ist darum begreiflich, daß schon des öftern Versuche gemacht wurden, ein Instrument zu konstruieren, welches dem Beobachter nicht nur eine bequeme Haltung des Kopfes ermöglichen, sondern auch noch den Vorteil bieten soll, seine Arbeiten in einem durchwärmten Raume zu verrichten. Ein Instrument dieser Art ist das von M. Loewy ersonnene und von Gautier in Paris ausgeführte *équatorial coudé*[1]). Bei diesem wird der vom Objektiv erzeugte Strahlenkegel durch zwei große Spiegel in die Richtung der Polarachse des Instrumentes gebracht; das am obern Ende derselben befindliche Okular ragt in ein Zimmer hinein, und der Beobachter kann hier, da das Okular immer an derselben Stelle bleibt, in aller Bequemlichkeit seine Beobachtungen anstellen. Instrumente dieser Art sind schon mehrfach und in großen Dimensionen hergestellt worden, die zwei größten z. B. für die Pariser Sternwarte (600 *mm* Öffnung) und für die Wiener Sternwarte (380 *mm* Öffnung).

Ein anderer Versuch, ein ähnliches Instrument zu konstruieren, stammt von A. F. Lindemann in Darmstadt (vgl. *Astron. Nachr. Nr. 3935. 1904.*). Dieses Instrument ist dem Prinzip nach mit dem *équatorial coudé* verwandt, bietet aber gegen dieses einige Vorteile, z. B. das Fehlen stark ausladender Teile und damit die Möglichkeit, den größten Teil des Instrumentes im Beobachtungsraume selbst unterbringen zu können; auch die Gefahr der Erschütterung durch Wind ist beim Lindemannschen Typus viel geringer. Diese Montierungsart scheint aber nur einmal, an einem Refraktor von 150 *mm* Objektivöffnung, ausgeführt worden zu sein.

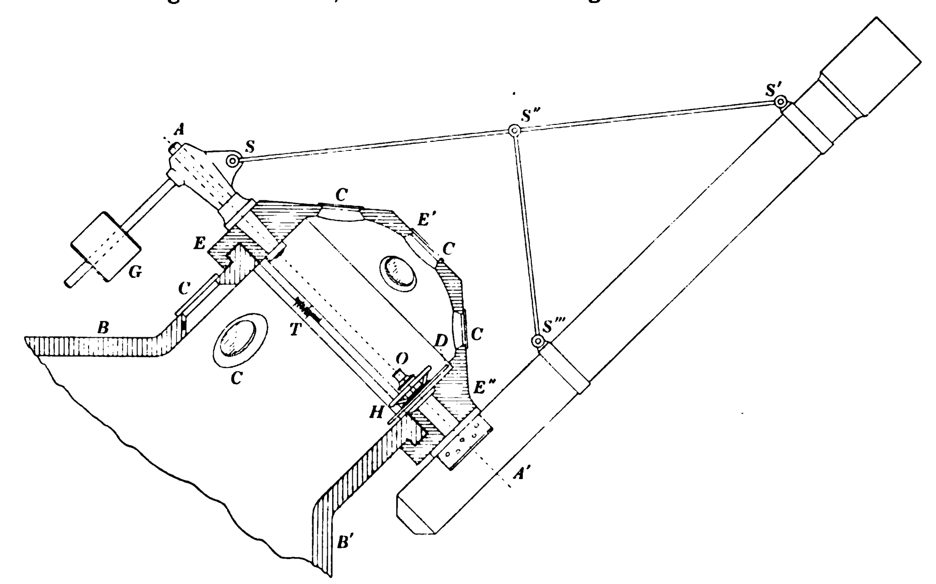
Mit einer Konstruktion ganz eigener Art ist nun der amerikanische Maschinenbauingenieur James Hartness an die Öffentlichkeit getreten. Sie ist von den andern Montierungsarten so verschieden und dabei so interessant, daß es sich wohl lohnt, sie im folgenden kurz zu beschreiben.

Das Wesentliche an der Hartnessschen Konstruktion ist vor allem, daß das Fernrohr nicht *in* der Kuppel, sondern außen *an* derselben angebracht ist. Ein zwischen Objektiv und Okular in den Strahlengang eingeschaltetes totalreflektierendes Prisma bringt das Licht in die Kuppel hinein, und dieser Teil des Okularendes bildet auch die eine Drehungsachse des Fernrohrs; die andere wird durch den Rundlauf der Kuppel selbst dargestellt. Damit hat man ein Fernrohr, das in Azimut und Höhe frei beweglich und auf jeden Punkt des Himmels einstellbar ist. Neigt man nun den Kuppelkranz so, daß er in die Ebene des Himmelsäquators fällt, so hat man ein parallaktisch montiertes Instrument mit geschlossenem und daher heizbarem Beobachtungsraum. Das dürfte ungefähr der Ideengang gewesen sein, der Hartness bei seiner Konstruktion vorschwebte.

Auf der beigegebenen Skizze, in welcher alle unwesentlichen Details, wie Entlastungen, Klemmungen und Feinbewegungen weggelassen sind und die auch in Bezug auf die Dimensionen nur ungefähr richtig ist, bedeutet BB' den nach Norden gerichteten Teil des Beobachtungsraumes, auf den die ganze Konstruktion aufgesetzt ist. Er endet in ein sehr weites, kurzes rohrförmiges Stück aus Gußeisen, dessen Rand genau in der Ebene des

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **4.** *S. 132. 1884.*

Himmelsäquators liegt. Auf diesem ruht mit Rollenlagern ein zweites kuppelförmiges Gußstück $E E' E''$, welches in der Äquatorebene drehbar und präzise geführt ist. Eine eigentliche Stundenachse fehlt also bei dieser Konstruktion. Etwas über der Lauffläche hat diese Haube in der Richtung $A A'$ zwei diametral gegenüber liegende Bohrungen, deren eine die Deklinationsachse des Fernrohrs, die andere den Bolzen für die Gegengewichtsführung aufzunehmen hat. Das Okular des Fernrohrs befindet sich am Ende der Deklinationsachse bei O. Die Ablesung der Deklination erfolgt bei D, die des Stundenwinkels bei T, wo die Teilung auf dem sich bewegenden Kuppelkranz angebracht ist. Die Bewegung des Fernrohres in Deklination erfolgt mit Hilfe des Handrades H, die im Stundenwinkel mittels eines besonderen, in der Figur weggelassenen Getriebes. Auf der dem Fernrohr entgegengesetzten Seite sind die Gegengewichte G angebracht und durch ein Gestänge SS' und $S'' S'''$ mit dem Fernrohr verbunden. Sowohl im festen wie im beweglichen Teil des Instrumentes sind mehrere kleine, mit Glas versehene Fenster C angebracht, die es dem Beobachter ermöglichen, den Himmel im Auge zu behalten, ohne den Beobachtungsraum verlassen zu müssen.



Dieser Montierungstypus ist ohne Zweifel genial erdacht und vom maschinentechnischen Standpunkt aus gewiß auch einwandfrei. Eine andere Frage ist es, ob er auch in beobachtungstechnischer Hinsicht den an ihn gestellten Forderungen entspricht. Gegen die Form des *équatorial coudé* hat diese Konstruktion wohl nur das eine voraus, daß die Verwendung großer Spiegel, die stets eine Fehlerquelle für die Qualität der Brennpunktbilder sind, vermieden ist. Als Nachteil hingegen ist es zu betrachten, daß das Fernrohr ganz unbeschützt gegen die Einflüsse der Witterung ist. Selbst wenn von dieser Seite sonst kein Schaden zu befürchten wäre, so bewirken doch schon allein die Temperaturdifferenzen, denen das Objektiv ausgesetzt ist, eine Verschlechterung der Bilder, die erst dann verschwindet, wenn das Objektiv die Temperatur des umgebenden Luftraumes angenommen hat, was aber erfahrungsgemäß erst nach vielen Stunden eintritt. Die Temperierung des Objektivs ist nun für sehr genaue Arbeiten ein durchaus nicht zu vernachlässigender Faktor, wie z. B. Hartmann[1]) eingehend nachgewiesen hat. Auch an andern Sternwarten sind ähnliche Erfahrungen gemacht worden, und es werden in besonders heiklen Fällen sogar eigene Vorrichtungen verwendet, um die Optik des Fernrohrs selbst vor kleinern Temperaturschwankungen tunlichst zu bewahren und sie tagsüber auf der Nachttemperatur zu erhalten.

[1]) Vgl. J. Hartmann, Untersuchungen über das 80 *cm*-Objektiv des Potsdamer Refraktors. *Publ. d. Astrophys. Obs. z. Potsdam* **15.** *Nr. 46. 1908*; Referat in dieser Zeitschr. **29.** S. 83. 1909. Ferner J. Hartmann, Die Korrektur des Potsdamer 80 *cm*-Objektivs. *Diese Zeitschr.* **29.** *S. 217. 1909.*

Weiter wäre gegen die Hartnesssche Konstruktion einzuwenden, daß unter den Unbilden der Witterung auch die Bewegungsfähigkeit des Instrumentes leiden kann. Ein Bild in „Popular Astronomy“ zeigt das Fernrohr tief verschneit, und dies scheint mir wohl ein Fall zu sein, in dem die Gebrauchsfähigkeit beeinträchtigt ist.

Als kleiner Nachteil ist noch zu erwähnen, daß infolge der nur einmaligen Reflexion im Fernrohr seitenverkehrte Bilder entstehen, was meistenteils wohl belanglos ist, manchmal aber doch störend wirken kann.

Die Hartnesssche Idee ist an einem Zehnzöller verwirklicht, und Prof. S. A. Mitchell, von dem die Beschreibung herrührt, spricht davon mit begeisterten Worten. An Bequemlichkeit für den Beobachter läßt dieser Montierungstypus wohl wenig zu wünschen übrig; ob er sich aber für Instrumente eignet, bei deren Ausnützung es auf ruhige Bilder ankommt, ist nach dem eben Gesagten mindestens zu bezweifeln, wenn nicht direkt zu verneinen. Jedenfalls wären Vorkehrungen ganz besonderer Art notwendig, um die angedeuteten Fehler unschädlich zu machen. *Dr. J. Rheden.*

Der Quadrant, ein neues Winkelmeßinstrument.

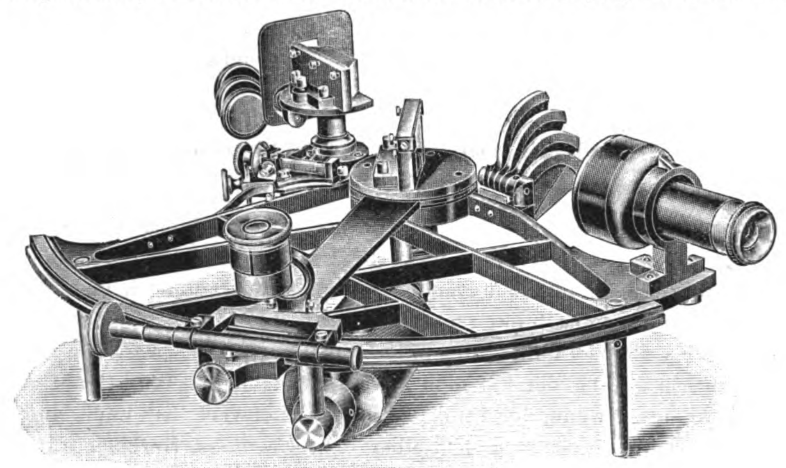
Von H. Gadow. *S.-A. aus Marine-Rundschau 1909. Heft 8/9. 5 S. 8°.*

Das an der angeführten Stelle und neuerdings auch in andern Zeitschriften ausführlich beschriebene Instrument, von H. Gadow entworfen und in den Werkstätten von C. Bamberg, Friedenau, ausgeführt, sucht folgende Mängel des Spiegelsextanten zu vermeiden: die durch die doppelte Reflexion des vom Punkt rechts kommenden Lichtstrahls entstehende Helligkeitsminderung des Bildes dieses Punkts, die um so bedeutender ist, je größer der zu messende Winkel ist; die Beschränkung der mit dem Sextanten meßbaren Winkel auf etwa 130° (und noch bedeutend weniger, wenn der Punkt rechts lichtschwach ist) und damit z. B. die Beschränkung von Stern- oder Sonnenhöhen über dem *künstlichen* Horizont auf Werte bis zu etwa 60°; die Schwierigkeit der Beobachtung schwächerer Sterne; die Beschränkung der Höhenwinkelmessung nach einem Stern zur See auf den unter dem Stern liegenden Horizont mit Ausschluß der Benutzung des gegenüberliegenden Horizonts. Der Spiegelprismenkreis von Pistor und Martins (auch der Verf. spricht von Prismenkreis; man sollte aber diese Bezeichnung solchen Reflexionsinstrumenten vorbehalten, bei denen auch der Alhidadenspiegel durch ein Prisma ersetzt ist) habe zwar einige der oben genannten Übelstände vermieden, insbesondere kann man dadurch, daß man den Punkt *rechts* direkt anzielt und die Lichtstrahlen vom Punkt *links* in den Spiegel gelangen läßt, auch Winkel zwischen 130° und 180° (180° bis 290° oder besser 180° bis 70°) messen, wobei nur um 180° herum ein ziemlich großer Sektor der Messung nicht zugänglich bleibt, ein Übelstand, der auch dem neuen Quadranten anhaftet; doch habe der Spiegelprismenkreis andere Übelstände und wenig handliche Form, so daß er nicht viel in Gebrauch gekommen sei.

Mit dem neuen „*Quadranten*“ sind nun allerdings Winkel unter 5° garnicht meßbar, wohl aber alle andern Winkel bis nahe zu 180°; die Teilung geht von 0° bis 180° (Quadrant). Der Alhidadenarm trägt über dem Drehungspunkt einen mit Korrektionsvorrichtung versehenen, senkrecht zur Quadrantenebene stehenden Spiegel, dessen Fläche nicht wie beim Sextanten vom Fernrohr abgekehrt, sondern diesem zugewandt ist; die Spiegelfläche fällt bei Einstellung des Zeigers des Alhidadenarms auf 0° in die Fernrohrachse; sie steht senkrecht zur Fernrohrzielung, wenn der Alhidadenzeiger auf 180° gestellt wird. Es sind zwei Fernrohre mit großem Gesichtsfeld vorhanden, damit der direkt anzuzielende Gegenstand bei Positionswinkeln über das Prisma weg, bei Höhenwinkeln neben dem Prisma rasch aufgesucht und dann im Prisma festgehalten werden kann. Das terrestrische Fernrohr hat die Vergrößerung 3½, Gesichtsfeld 7½°, das astronomische Fernrohr die Vergrößerung 6 bei 5½° Gesichtsfeld, und 10 bei 3° 50′. Das Prisma, ebenfalls mit Korrektionsvorrichtung seiner Stellung versehen, liegt in der Höhe derart, daß es, durch den Fernrohrträger gesehen, zum größten Teil über den Spiegel hinausragt; die Kante des rechten Winkels ist zur Vermeidung störender Reflexe abgeschnitten und bedeckt. Außer den Blenden für Spiegel und Prisma

ist noch eine schwarze Metallblende vorhanden und so vor das Prisma zu schlagen, daß nur die durch einen Ausschnitt der Blende und das Prisma gehenden Lichtstrahlen in das Fernrohr kommen. Die Blende wird gebraucht bei Messungen über dem künstlichen Horizont und bei Messung von Sonnenhöhen über dem Seehorizont mit dem astronomischen Fernrohr, auch bei terrestrischen Messungen.

Die Einrichtung des ganzen Instruments geht vollends aus der beistehenden Figur hervor. Das Prisma erzeugt ein Spiegelbild des direkt angezielten (linken) Gegenstandes, das bei eingestelltem Positionswinkel über dem Bild des rechten Gegenstandes in der Spiegeldrehachse derart steht, daß auch bei unruhiger Haltung des Instruments die Stellung jenes Prismenbildes zum Spiegelbild sich nicht ändert. Sieht man über dem Prisma weg nach dem linken Gegenstand, so erscheint im Prisma darunter ein Spiegelbild, das mit dem Bild



des rechten Gegenstandes im Alhidadenspiegel durch Drehung des Alhidadenarms zur Deckung zu bringen ist. Der Umstand, daß beim direkten Anzielen eines Gegenstandes sofort auch sein Bild im Prisma erscheint, ist besonders bei geringer Helligkeit willkommen, z. B. beim Horizont bei Nachtbeobachtungen. Man kann damit auch das lästige „Herunterholen des Sterns" beim Sextanten (langsames Schwingen des Sextantenkörpers, um sich zu überzeugen, daß man mit der Höhenmessung in dem Vertikal des Sterns bleibt) sehr einfach dadurch ersetzen, daß man den im Prisma erscheinenden Horizont gut parallel zum direkt gesehenen hält. In der Dämmerung kann man ferner, und dies ist ein besonderer Vorzug des hier angezeigten Instruments, Sternhöhen auch über der *gegenüberliegenden* Kimm messen; z. B. kann abends der Westhorizont scharf, aber noch kein Stern über ihm genügend hell sein, während über dem nicht zu gebrauchenden Osthorizont schon Sterne erscheinen. Ein weiterer großer Vorteil der Möglichkeit der Messung einer Sternhöhe über der darunterliegenden *und* über der gegenüberliegenden Kimm, z. B. über West- *und* Osthorizont, ist der der direkten Bestimmung (oder Elimination) der stets unsichern Kimmtiefe, durch abwechselnde Ost- und Westhöhen.

Eine Anleitung zur Korrektion von Spiegel- und Prismenstellung an dem neuen Quadranten, mit Hilfe eines statt des Okularauszugs einzuschiebenden Justierrohrs mit einem Platinfaden senkrecht zur Quadrantenebene, ist beigegeben. Der Preis des Instruments ist 330 M. Wie weit es den alten Sextanten und dessen Abänderungen zu verdrängen vermag, muß die Zukunft lehren. *Hammer.*

Über die Durchbiegung von Längenmaßstäben mit besonderer Berücksichtigung der Böhlerschen Basislatte.

Von A. Klempau. *Allg. Vermess.-Nachrichten (Liebenwerda)* **24.** *S. 298. 1912.*

Der Verf. wendet die Besselsche Theorie der Stabdurchbiegung auf horizontal gelegte einfache Meßlatten an, stellt zunächst allgemeine Formeln für die Durchbiegung auf, untersucht sodann die Durchbiegung einer an beiden Enden unterstützten Latte und wendet sich

endlich speziell zur Böhlerschen „Basislatte", wie sie bei dem Böhlerschen Basismessungsverfahren (Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 88. 1906*; Erweiterung von Kurtz, Referat *ebenda* **26.** *S. 161. 1906*) verwendet wird. Hier ist die Latte nur in der Mitte unterstützt, und auf ihrer Oberkante befinden sich in etwa 4 *m* Entfernung voneinander zwei Zielstifte; durch die Messung des Winkels zwischen den zwei Zielungen nach den Stiften werden die einzelnen rund 40 *m* langen Strecken des Basispolygonzuges gemessen. Die Entfernung der zwei Zielstifte reduziert der Verf. mit Hilfe der Gleichung der elastischen Linie unmittelbar auf die Horizontale; das Ergebnis für den Reduktionsbetrag ist, wenn L die Entfernung der zwei Zielstifte und d die größte Durchbiegung (an den Stiften im Vergleich mit der „eingespannten" Lattenmitte) bedeuten,

$$r_0' = -2{,}286 \cdot \frac{d^2}{L}, \quad \text{oder} \quad = -0{,}000139 \cdot \frac{P^2 \cdot L^5}{E^2 \cdot J^2},$$

wobei in der zweiten Form der Reduktion noch P das Gewicht der ganzen Latte, E den Elastizitätsmodul des Materials und J das Trägheitsmoment des Querschnittes, bezogen auf die neutrale Achse, bedeuten. Mit $L = 4\,m$ und $d = 5\,mm$ ergibt sich eine Reduktion von nahe $1\frac{1}{2}$ Hundertstel Millimetern (14,5 μ). Ganz genau sind die Klempauschen Formeln auch nicht, weil bei der jetzigen Bauart der Latte noch Scharniere den senkrechten Teil der Latte mit einer flachen horizontalen Latte verbinden, und erst diese in der Mitte unterstützt ist; doch ist jedenfalls eine genügende Annäherung erreicht. Bedenken hat der Verf. dagegen noch gegen die Längenänderungen der Böhlerschen hölzernen Latte unter dem Einfluß der schwankenden Feuchtigkeit; er schlägt deshalb vor, die Latte ganz aus Metall, und zwar Invar zu machen, wobei es dann auf genaue Bestimmung der Temperatur nicht ankäme. Außerdem kann der Einfluß der Durchbiegung so gering gemacht werden, daß er für keinen Zweck in Betracht kommt, dem die Latte dienen kann; man hat dazu nur die Latte, statt sie in der Mitte zu unterstützen, auf zwei kleine Rollen in 0,22 L Entfernung von den Zielstiften zu legen (Bessel). Die Zielstifte selbst wären von der Oberfläche der Latte in durchbrochene Stellen der neutralen Schicht herabzusetzen, womit sie zugleich besser geschützt wären.

Der Verf. glaubt, daß die nach diesen Überlegungen gebaute Basislatte zur Verfeinerung des Böhlerschen Messungsverfahrens beitragen würde. *Hammer.*

Der Symphanator.

Von P. H. Eijkman. *Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr.* **19.** *S. 155. 1912.*

Vor mehr als drei Jahren (s. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 263. 1909*) sind neue stereoskopische Methoden besprochen worden, die Herr Eijkman für Stereoradiogramme vorgeschlagen hatte, und an jener Stelle wurde der Versuch gemacht, sie dem System von Möglichkeiten einzuordnen, das für die Betrachtung von Photogrammen bereits bestand.

Der Verf. teilt in seiner neuen, reich illustrierten Veröffentlichung mit, daß die Konstruktion eines „Symphanators" beendet sei, und daß bei dem Bau des Instrumentariums die Firma Reiniger, Gebbert & Schall mitgewirkt habe. Er hat seinen Apparat gegen Ausgang des Frühjahrs 1912 in Paris vorgeführt.

Mit Hilfe durchlässiger Spiegel kann er das aus zwei radiographischen Halbbildern entstehende Raumbild gleichzeitig mit dem Objekt sehen; handelt es sich beispielsweise um eine radiographisch aufgenommene Leichenhand, so vermag er nach seiner Angabe bei guter Ausrichtung der radiographischen Halbbilder in seinem Apparat die Knochen durch die Haut hindurch an ihrer richtigen Stelle wahrzunehmen. Macht man von dem durchstrahlten Objekt ferner noch eine stereoskopische Aufnahme, so gestattet ein Apparat, auch diese beiden Raumbilder gleichzeitig — also einander durchdringend — aufzufassen. Der Verf. weist darauf hin, daß man das radiographische Raumbild allein auch ausmessen oder zur Anfertigung eines aus Ton gebildeten Modells verwenden könne.

Für den Referenten besteht kein Zweifel daran, daß es sich mit dieser Aufnahme des Problems der Durchdringungsbilder („Symphanien") um ein auch in psychologischer Hinsicht interessantes Thema handelt; auf die Einzelheiten ist der Verf. an jener Stelle eingegangen. *M. von Rohr.*

Adsorption von Gasen durch Kohle und einige andere poröse Körper.

Von Walther Hempel und Georg Vater. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **18.** *S. 724.* **1912.**

Die Verf. bestimmten zunächst die Adsorptionsfähigkeit von Kokosnußkohle, die bei verschiedenen Temperaturen bereitet war. War die Kohle nur bei der Temperatur eines gewöhnlichen Bunsenbrenners dargestellt, so ergaben sich folgende Resultate:

1 *ccm* Kohle adsorbierte	bei 20° *ccm*	bei — 78° *ccm*	bei — 185° *ccm*
Wasserstoff	3,8	8,8	109,1
Stickstoff	14,5	66,6	141,9
Kohlenoxyd	18,8	86,0	110,9
Sauerstoff	14,2	78,1	—
Methan	39,6	98,5	—
Äthylen	43,6	106,5	—
Äthan	54,9	118,0	—
Azetylen	80,6	146,6	—
Kohlensäure	73,7	185,5	—

Bei verschiedenen Temperaturen dargestellte Kohle zeigte folgende Adsorptionswerte für Wasserstoff und Stickstoff:

Verkohlungs-temperatur	Wasserstoff *ccm*			Stickstoff *ccm*		
Grad	+ 20°	— 78°	— 185°	+ 20°	— 78°	— 185°
1360	2,0	2,7	4,8	2,2	4,0	9,3
360	3,9	6,6	18,0	8,7	19,9	26,1
700	3,8	8,8	109,1	14,5	66,6	141,9
415	5,4	10,4	131,3	15,3	68,3	169,5
600	6,3	11,5	197,3	15,7	79,2	219,4

Das Optimum weisen also die Kokosnußschalen auf, die bei 600° verkohlt waren.

Zum Vergleich wurde die Adsorptionsfähigkeit einiger anderer poröser Körper bestimmt.

Es adsorbiert 1 *ccm*	Wasserstoff *ccm*			Stickstoff *ccm*		
	+ 20°	— 78°	— 185°	+ 20°	— 78°	— 185°
Kokosnußkohle, dargestellt bei 600°	6,3	11,5	197,3	15,7	79,2	219,4
Kieselgur	2,5	4,9	21,4	5,6	13,8	30,4
Bimsstein	2,7	3,7	14,1	3,6	5,8	21,9
Brauneisenstein	—	0,6	2,8	—	1,0	43,4
Raseneisenstein	—	0,4	2,4	—	0,4	20,8
Platinmohr	1,7	1,9	7,6	2,8	3,0	10,4
Moorerde	1,2	2,4	7,2	1,2	2,5	8,5
Knochenasche	1,1	1,1	3,8	1,7	1,7	7,3

Die Leistungsfähigkeit der Kokosnußkohle ist also unverhältnismäßig höher als die der anderen hier angeführten Substanzen. Man kann aber ein noch wirksameres Adsorptionsmittel erhalten, wenn man käufliche Tierkohle (Entfärbungspulver) von H. Flemming in Kalk a. Rh. mit zehnfach mit Wasser verdünntem Rinderblut zu einem steifen Brei anrührt und dann auf verschiedene Temperaturen erhitzt. Mit solchem und ähnlichen Materialien erhielten die Verf. für die Adsorption von Wasserstoff und Stickstoff folgende Werte:

Es adsorbiert 1 *ccm*	Wasserstoff *ccm*			Stickstoff *ccm*		
	+ 20°	— 78°	— 185°	+ 20°	— 78°	— 185°
Kokosnußkohle 600°	6,3	11,5	197,3	15,7	79,2	219,4
Knochenkohle 600°	1,5	5,7	25,6	2,6	9,6	125,5
Blutkohle 600°	6,1	18,1	165,1	9,9	50,0	229,0
Tierkohle, Pulver, 350°	1,1	5,8	177,5	9,0	72,9	500,1
Tierkohle, verkittet 350°	1,8	8,2	209,0	10,8	83,0	565,7
Tierkohle, verkittet 500°	7,5	18,7	244,8	17,1	104,8	612,6
Tierkohle, verkittet 800°	7,0	16,4	253,1	19,1	106,5	621,5
Tierkohle, verkittet 700°	7,1	18,9	282,0	23,0	109,8	661,0
Tierkohle, verkittet 600°	7,3	19,5	284,7	21,0	107,4	663,2

Auch hier erzielt man also wieder mit der bei 600° dargestellten verkitteten Tierkohle bessere Resultate als mit dem gleichen bei anderer Temperatur behandelten Material. Über die Leistungsfähigkeit dieser bestwirkenden Kohle gegenüber anderen Gasen gibt die folgende Tabelle Auskunft.

1 *ccm* der Tierkohle adsorbiert insgesamt	bei 20° *ccm*	bei — 78° *ccm*	bei — 185° *ccm*
Wasserstoff	7,3	19,5	284,7
Stickstoff	21,0	107,4	663,2
Kohlenoxyd	26,8	139,4	697,0
Argon	12,6	92,6	—
Sauerstoff	25,4	122,4	—
Stickoxyd	103,6	231,3	—
Stickoxydul	109,4	330,1	—
Methan	41,7	174,3	—
Äthylen	139,2	360,7	—
Äthan	119,1	275,5	—
Azetylen	135,8	488,5	—
Kohlensäure	83,8	568,4	—
Ammoniak	197,0	—	—
Schwefelwasserstoff	213,0	—	—
Chlor	304,5	—	—
Schweflige Säure	337,8	—	—

Schl.

Bücherbesprechungen.

H. Rein, Radiotelegraphisches Praktikum. Zweite vermehrte Aufl. gr. 8°. XII, 220 S. m. 170 Textfig. u. 5 Kurventaf. Berlin, J. Springer 1912. Geb. 8 M.

Die erste Auflage enthielt nur 91 Seiten. Sie war auf Anregung von Prof. Wirtz nach dessen Vorträgen in Anlehnung an die speziellen Einrichtungen der radiotelegraphischen Stationen in Darmstadt und Messel bearbeitet. Die Beschreibung dieser beiden Stationen, die zur Einleitung der ersten Auflage gegeben wurde, ist in der neuen ersetzt durch eine kurze Beschreibung der in Deutschland eingeführten radiotelegraphischen Systeme. Im übrigen ist die Abgrenzung und auch die Anordnung des Stoffes im wesentlichen beibehalten, dagegen die Besprechung der einzelnen Gegenstände so viel weiter ausgeführt, daß der Umfang des Buches sich mehr als verdoppelt hat. Nach wie vor besteht der Inhalt in der Hauptsache aus einer Darstellung gebräuchlicher Methoden zur Messung von Kapazitäten, Induktivitäten, Kopplungskoeffizienten, Wellenlängen, Dämpfungsdekrementen, sowie der Untersuchung von Hochfrequenzgeneratoren, Sende- und Empfangseinrichtungen und

Schaltungen. Wie sehr eine derartige Zusammenstellung vielen Jüngern der Radiotelegraphie erwünscht ist, beweist zur Genüge der Umstand, daß binnen zwei Jahren die zweite Auflage nötig wurde. Auch die in der neuen Auflage sehr viel zahlreicher als in der alten eingestreuten, augenscheinlich auf persönlicher Erfahrung beruhenden Bemerkungen, Winke und Hinweisungen des Verfassers werden gern entgegengenommen werden. Daß in den beschriebenen Messungen fortwährend dieselben Prinzipien sich wiederholen, wird bei einer Einführung in das radiotelegraphische Praktikum vielleicht nur nützlich sein und einen Begriff ihrer Vielseitigkeit und Fruchtbarkeit geben. Die allgemeinen Betrachtungen sind in den einzelnen oben angeführten Kapiteln auf längere oder kürzere Vor- und Schlußbemerkungen verteilt. Die Kenntnis der elementaren physikalischen Grundlagen der Radiotelegraphie wird vorausgesetzt, dagegen sind Anwendungen der höheren Mathematik und auch längere elementare Rechnungen vermieden. In erfreulicher Weise ist durch eine große Zahl von Schaltungsskizzen die Benutzung des Buches erleichtert. Auch die übrigen Abbildungen kann man, nachdem eine Anzahl reiner Illustrationsbilder der ersten Auflage fortgelassen ist, im allgemeinen als glücklich gewählt bezeichnen. Viele lassen nicht nur den äußeren Bau, sondern auch die innere Einrichtung von Instrumenten gut erkennen. Von einzelnen, wie z. B. der Abbildung des Summers (Fig. 12) oder des selbstregulierenden Lichtbogengenerators (Fig. 96) gilt dies freilich nicht. Insbesondere würde man anstatt der nichts verratenden Photographie der Kapazitätsmeßbrücke (Fig. 11) lieber eine Zeichnung sehen, die erkennen läßt, wie die Kapazitäts- und Induktionsfreiheit erreicht ist, in ähnlicher Weise etwa, wie dies für die von Giebe angegebene Brücke durch Fig. 4 in *dieser Zeitschr. 28. S. 197* geschieht.

Zum Schluß möchte der Ref. dem Buche, das auf eine große Anzahl von Lesern rechnen kann, durch Angabe einiger untergelaufener Unrichtigkeiten oder Ungenauigkeiten nützlich sein. Auf *S. 14* ist von der Kapazität eines aus Antenne und Gegengewicht zusammengesetzten Systems die Rede. Um hier verständlich zu sein, müssen die verschiedenen Maxwellschen Kapazitätskoeffizienten oder die durch Breisig an deren Stelle gesetzten Teilkapazitäten auseinandergehalten und nicht einfach sämtlich als Kapazitäten bezeichnet werden (vgl. z. B. Orlich, *Kapazität und Induktivität, S. 26*). Durch einen Druckfehler ist die auf *S. 25* stehende und auf *S. 49* ebenso wiederholte Formel $C' = C + \frac{C}{(2\pi\nu)^2 C^2 + w^2}$ entstellt, wie sich ohne weiteres durch die Dimensionen verrät. Sie muß heißen: $C' = C + \frac{C}{(2\pi\nu)^2 C^2 w^2}$.

Ein eigentümliches Versehen hat sich bei der Auseinandersetzung der Dämpfungsmessung mittels Stoßerregung auf *S. 68* (und auch auf *S. 96* unten) eingeschlichen, indem hier in der Bjerknesschen Formel (nicht Bjerkneßschen, wie in dem Buche steht) das Dekrement des Primärkreises gleich Null gesetzt ist mit der Begründung, daß die schnell verklingende Schwingung im Stoßkreise keine Rolle mehr spiele. Natürlich sind hier außer dem Stoßkreise noch zwei Schwingungskreise vorhanden, deren Dekremente beide in die Bjerknessche Formel eingehen. Der Stoßkreis dient nur zur Erregung des eigentlichen Primärkreises der Meßanordnung.

Bei dem Ausdruck $c\alpha r$ (auf *S. 107* unten) für die durch den Wattmeterausschlag α gemessene Leistung würde es wohl der üblichen Definition der Wattmeterkonstanten c entsprechen, für r nicht den Widerstand im Spannungskreis des Wattmeters zu setzen, sondern das Verhältnis dieses Widerstandes zum eigentlichen Wattmeterwiderstand.

Bei der Leistungsmessung im Gleichstromkreis eines Lichtbogengenerators durch das Produkt aus Stromstärke und Spannung (*S. 121*) würde es gut sein, darauf hinzuweisen, daß in diesem Kreis leicht beträchtliche Wechselströme fließen können, so daß die Verwendung wechselstromempfindlicher Instrumente zu beträchtlichen Fehlern Veranlassung geben kann (vgl. Peukert, *Elektrotechn. Zeitschr. 22. S. 467. 1901*). *Dieſselhorst.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktion: Prof. Dr. F. **Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **Februar 1913.** Zweites Heft.

Ein Thermostat für tiefe Temperaturen.

Von
F. Henning.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Bisher hat man sich bei physikalischen Messungen unterhalb 0° fast immer auf wenige Temperaturen beschränken müssen, zumal, wenn die Beobachtungen längere Konstanz der Temperatur beanspruchten. Besonders bevorzugt sind Bäder mit flüssiger Luft und in neuerer Zeit mit flüssigem Sauerstoff, die unter Atmosphärendruck bei etwa — 190° und bei — 183° sieden. Leicht herstellbar ist ferner eine Temperatur von — 78° durch eine Mischung von Alkohol oder Äther mit fester Kohlensäure im Überschuß. Dieses Bad verlangt eine sorgfältige Durchmischung, die aber wegen seiner zähen Beschaffenheit nur schwer zu bewirken ist. Es treten in ihm leicht Temperaturdifferenzen von einigen Zehntel Grad auf. Die siedenden Flüssigkeiten dagegen werden durch ständig aufsteigende Gasblasen von selbst genügend durchmischt. — Gelegentlich ist versucht worden, sich zur Erzeugung konstanter tiefer Temperaturen der Schmelzpunkte zu bedienen. So haben Holborn und Wien[1]) thermometrische Vergleichungen in schmelzendem Äther ausgeführt.

Es fehlt bisher an einfachen Bädern, die bei hohen Ansprüchen an Genauigkeit jede beliebige Temperatur eines gewissen Bereiches herzustellen gestatten. Dies muß als ein um so größerer Mangel empfunden werden, als sich gerade bei tiefen Temperaturen die physikalischen Eigenschaften der Körper stark zu verändern scheinen und von den für höhere Temperaturen ermittelten Gesetzen vielfach beträchtliche Abweichungen auftreten.

Beliebig tiefe Temperaturen kann man dadurch erzeugen, daß man verflüssigte Gase unter verschieden starkem Druck sieden läßt. Sehr vollkommene Einrichtungen hierfür besitzt Kamerlingh Onnes[2]). Er verwendet Methylchlorid, Äthylen und Sauerstoff, und ist damit imstande, alle Temperaturen zwischen — 23° und — 90°, zwischen — 105° und — 165° und zwischen — 183° und — 215° beliebig lange konstant zu halten. Diese Methode erfordert aber kostspielige Pumpen, die sehr gleichmäßig laufen müssen, um die aus den siedenden Flüssigkeiten ständig entwickelten Dämpfe abzusaugen und den Gasdruck auf stets gleicher Höhe zu halten.

Rothe[3]) hat mit geringeren Anforderungen an Genauigkeit (in 10 Minuten schwankte die Temperatur um einige Zehntel-Grad), aber mit erheblich einfacheren Mitteln einen Thermostaten konstruiert, der bis herab zu — 135° brauchbare Resultate

[1]) L. Holborn und W. Wien, *Wied. Ann.* **59.** *S. 213. 1896.*
[2]) H. Kamerlingh Onnes, *Leiden Comm.*, z. B. *Supplement* **21.** *S. 4. 1908.*
[3]) R. Rothe, *diese Zeitschr.* **22.** *S. 14. 1902.*

geliefert hat. Es handelt sich um ein mit Petroläther beschicktes Bad, das unter Einschaltung eines Luftraumes von außen durch flüssige Luft gekühlt wird. Die Kühlwirkung wird durch eine im Petroläther befindliche Heizspule in regulierbarer Weise kompensiert, so daß man das Bad auf beliebige Temperaturen zwischen 0° und — 135° bringen kann.

Hoffmann und Rothe[1]) haben später das Rührwerk des Thermostaten verändert. Sie ersetzten ferner, wenn sie Temperaturen bis herab zu fast — 190° erreichen wollten, das Flüssigkeitsbad durch ein Luftbad, wobei sie allerdings die Ansprüche an räumliche Gleichmäßigkeit und zeitliche Konstanz der Temperatur beträchtlich herabsetzen mußten.

Im folgenden soll nun ein neuer einfacher Thermostat beschrieben werden, der eine Genauigkeit von wenigen Hunderteln Grad zu erreichen gestattet. Er hat dazu gedient, Widerstandsthermometer mit dem Gasthermometer zwischen 0° und — 150° zu vergleichen. Es kam hierfür nur ein Flüssigkeitsbad in Frage. Außerdem wurde von vornherein die Forderung aufgestellt, daß die Regulierung allein durch das Kühlmittel (flüssige Luft) erfolgen sollte, da die gleichzeitige Heizwirkung einer Spule die Homogenität des Bades nicht günstig beeinflussen kann.

Es ist darum folgende Anordnung getroffen worden: Ein doppelwandiges, evakuiertes und versilbertes Gefäß *A* (siehe Figur) von 35 *cm* Höhe und 10 *cm* Weite wird mit Alkohol oder, wenn Temperaturen unter — 80° erreicht werden sollen, mit Petroläther gefüllt. In das Bad taucht ein mit mehreren Öffnungen versehenes Porzellanrohr *P*. Innerhalb dieses Rohres kühlt man die Badflüssigkeit durch flüssige Luft ab, die der Vorratsflasche *B* mittels eines doppelwandigen, evakuierten und versilberten Hebers *C* (geliefert von C. Burger in Berlin) entnommen wird. Durch diesen Heber gelingt es, die Luft in flüssigem Zustande bis an die Stelle *D* zu bringen, wo sie in ein einfaches, U-förmig gebogenes Glasrohr gelangt und unter Abkühlung der umgebenden Badflüssigkeit verdampft. Die gasförmige Luft verläßt das Rohr, nachdem sie die Temperatur des Bades angenommen hat. Innerhalb des doppelwandigen Gefäßes *B* kann man die flüssige Luft ohne merkliche Verdampfung durch ein einfaches Glasrohr *S* leiten. Die Verbindung zwischen dem Heber und den Glasröhren geschieht durch ein Stückchen Gummischlauch.

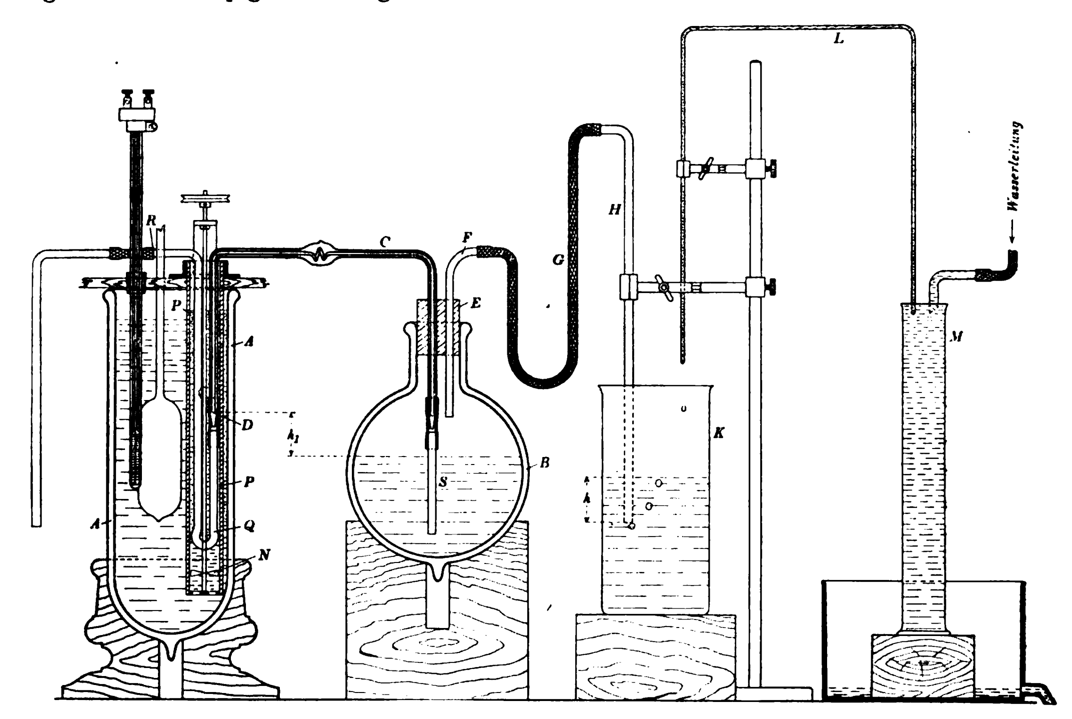
Die Dimensionen des doppelwandigen Hebers sind so bemessen, daß die Ausflußstelle *D* nicht unterhalb des Flüssigkeitsspiegels in *B* liegt, so daß dem Bade *A* nur dann flüssige Luft zuströmt, wenn in der Flasche *B* ein Überdruck besteht. Dieser wird in vollständig ausreichender Weise dadurch erzeugt, daß trotz der guten Wärmeisolation dauernd etwas Luft in der Vorratsflasche verdampft. Die Flasche *B* wird durch den Gummistopfen *E* verschlossen. Man reibt denselben zweckmäßig mit etwas Glyzerin ein, da er dann nicht festfriert und jederzeit leicht gelöst werden kann.

Die Stärke der Kühlwirkung oder die Menge der flüssigen Luft, welche pro Zeiteinheit durch den Heber fließt, kann durch den Gasdruck in der Flasche *B* reguliert werden. Zu dem Zweck ist der Gummistopfen *E* außer vom Heber *C* noch von einem kurzen Glasrohr *F* durchsetzt. Dieses Rohr wird durch Gummischlauch oder Bleirohr beliebiger Länge mit einem zweiten Glasrohr *H* verbunden, das seinerseits in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäß *K* taucht. Der Druck in der Flasche *B* kann nun einen bestimmten Betrag, der durch die Wassersäule *h* gegeben ist, nicht überschreiten, indem das überschüssige Gas im Wasser aufsteigt und in die Zimmerluft tritt. Der

[1]) F. Hoffmann und R. Rothe, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 265. 1907.*

Einfluß der Siedeverzüge ist unmerklich, zumal, wenn man in die siedende Luft eine scharf gezähnte Glimmerplatte (in der Figur nicht dargestellt) einführt, an der sich die Dampfblasen leicht bilden.

Bezeichnet man mit h_1 die Höhendifferenz zwischen dem Spiegel der flüssigen Luft und der Ausflußstelle D, und nennt man ferner die Dichte des Wassers σ und die Dichte der flüssigen Luft σ_1, so ist das pro Minute durch den Heber strömende Quantum flüssiger Luft der Druckdifferenz $h\,\sigma - h_1\,\sigma_1$ proportional. h_1 nimmt ständig zu, da dauernd flüssige Luft verbraucht wird. Um jene Druckdifferenz konstant zu halten, muß man also die Wassersäule h ständig vergrößern. Man läßt darum mittels des Kapillarhebers L aus dem Überlauf M Wasser in das Gefäß K tropfen und reguliert die Tropfgeschwindigkeit durch die Eintauchtiefe des Hebers.



Die Wassersäule h stellt man empirisch ein. Am besten geschieht dies, da das Verbindungsstück G beliebig lang sein kann, von dem Platze aus, von dem man die Temperatur des Bades verfolgt. Zunächst wird der Druck in der Flasche möglichst groß gewählt, um eine rasche Abkühlung des Bades zu ermöglichen. Sobald die gewünschte Temperatur annähernd erreicht ist, hebt man das Glasrohr H und verändert h so lange, bis die Temperatur nahezu konstant geworden ist. Die feine Regulierung geschieht durch geringe Änderung des Wasserquantums in K und durch die Einstellung des Kapillarhebers L auf bestimmte Tropfenzahl pro Minute.

Um die räumliche Temperaturverteilung des Bades günstig zu gestalten, muß die Flüssigkeit energisch durchmischt werden. Zu diesem Zweck ist folgende Einrichtung getroffen: Der elektrisch angetriebene Flügelrührer N läuft mit etwa 300 Umdrehungen pro Minute in dem Porzellanrohr P von 2,7 *cm* Weite, in dessen unterem Ende ein durchlöcherter Messingboden eingekittet ist. Außer dem Rührer umschließt das Porzellanrohr noch den einen Schenkel des Hebers C sowie das mit Gummischlauch darangesetzte U-förmige Rohr Q. Dem Rührer erteilt man einen solchen Drehungssinn, daß er die Badflüssigkeit von unten in das Porzellanrohr ein-

saugt, sie an dem Kühlrohr Q vorübertreibt und dann aus einigen in verschiedenen Höhen unterhalb des Flüssigkeitsspiegels angebrachten Öffnungen aus dem Rohr in den oberen Teil des Bades schleudert. Auf diese Weise gelingt es, die Temperaturdifferenz in dem von den Meßinstrumenten eingenommenen Raum des Bades in sehr engen Grenzen zu halten, insbesondere verhindert das Porzellanrohr eine direkte Ausbreitung der Kühlwirkung in horizontaler Richtung.

Das Porzellanrohr ist an seinem oberen Ende mit einer Messingfassung versehen, die auf ein Brett geschraubt ist. Dieses trägt außerdem noch das obere Lager für den Rührer; ferner besitzt es mehrere Durchbohrungen, durch die die Thermometer usw. von oben in das Bad eingeführt werden. Das Brett ist an einem Holzstativ befestigt und kann nahe über den Rand des Vakuumgefäßes A gebracht werden.

Unter — 150° ist der Thermostat nicht erprobt worden. Schon bei dieser Temperatur ist es nötig, den Petroläther nach wenigen Beobachtungstagen zu wechseln, da er sich sonst verdickt und die Wirkung des Rührers nicht mehr ausreicht. Die Ursache hierfür mag z. T. in der Aufnahme von Feuchtigkeit zu suchen sein; außerdem aber kommt in Betracht, daß die flüchtigsten Bestandteile des Petroläthers selbst bei tiefen Temperaturen sehr merklich verdampfen Dies zeigte sich deutlich daran, daß nach jedem Beobachtungstage Petroläther nachgefüllt werden mußte, um den früheren Stand der Flüssigkeit wieder zu erreichen.

Vier Liter flüssige Luft sind erforderlich, um das Bad von etwa 0° auf — 150° abzukühlen und bei dieser Temperatur eine Beobachtungsreihe von 1—2 Stunden Dauer auszuführen. Es empfiehlt sich, den Petroläther zunächst in Eis oder einer einfachen Gefriermischung vorzukühlen und dann in das Gefäß A zu gießen. Die weitere Abkühlung geschieht durch flüssige Luft. Man kann das etwa 3 l fassende Bad in 2—3 Stunden auf — 150° bringen, wenn man die beschriebene Kühlvorrichtung verdoppelt, d. h. die flüssige Luft aus zwei Vorratsflaschen entnimmt und sie dem Bade durch zwei Heber zuführt, von denen der eine außerhalb des Porzellanrohres angeordnet ist und vor Beginn des Versuches wieder entfernt wird. Die Konstanz kann auch bei der tiefsten Temperatur ohne Schwierigkeit mit der einfachen Kühlvorrichtung aufrecht erhalten werden.

Soll der Thermostat sicher arbeiten, so muß der doppelwandige Heber, dessen inneres Rohr nur 1 *mm* Durchmesser besitzt, vor jedem Versuch gereinigt und getrocknet werden, da er sonst leicht durch erstarrtes Öl, von dem geringe Mengen bisweilen in den flüssigen Gasen enthalten sind, oder durch Feuchtigkeit verstopft wird. Ferner ist es ratsam, an das U-förmige Kühlrohr bei R einen Gummischlauch oder ein Glasrohr von etwa 50 *cm* Länge anzusetzen, damit die Luft, die das Bad verläßt, angewärmt in das Zimmer tritt und keinen Widerstand an der etwa durch kondensierten Wasserdampf verengten Mündung zu überwinden hat.

Mit dem beschriebenen Thermostaten sind zahlreiche Versuche ausgeführt worden, die sich von — 12° bis — 150° erstrecken und an anderer Stelle veröffentlicht werden sollen. Im allgemeinen befanden sich in dem Bade das Gefäß eines Gasthermometers (10 *cm* Länge und 4 *cm* Durchmesser) sowie zwei Platin-Widerstandsthermometer von 1 *cm* Durchmesser und 5 *cm* Spulenlänge. Aus dem Beobachtungsmaterial mögen hier nur einige Zahlen mitgeteilt werden, die zeigen, welche Genauigkeit mit dem Thermostaten erzielt werden kann.

Ein Urteil über die zeitliche Konstanz gewinnt man aus folgender Tabelle, in der für drei Beobachtungstage mit möglichst verschiedenen Badtemperaturen die Ablesungen des Gasthermometers mit den zugehörigen Zeiten zusammengestellt sind.

2. Juli 1912		3. Juli 1912		31. Juli 1912	
$12^h 26^m$	— 22,77°	$11^h 42^m$	— 82,16°	$11^h 01^m$	— 149,94°
33	74	50	17	08	92
39	70	57	20	13	92
46	70	$12^h 04^m$	17	19	94
53	70	11	18	26	97
$1^h 00^m$	67	17	17	32	99
07	66	24	20	38	— 150,00
13	66	30	19	44	— 149,99
		37	17		

Die zeitlichen Schwankungen der Temperatur lassen sich also in sehr engen Grenzen halten. Bei den angeführten Messungen konnte die Temperatur des Bades nicht dauernd verfolgt werden, da nur ein Beobachter tätig war, der sowohl das Bad regulierte als auch alle Ablesungen am Gasthermometer und an zwei Widerstandsthermometern vornahm.

Stellte man die Kühlwirkung der flüssigen Luft ab, während der Rührer in Bewegung blieb, so stieg die Temperatur bei — 110° um 1° in 10 Minuten, bei — 12° um 0,2° in derselben Zeit.

Die räumliche Temperaturverteilung wurde dadurch erprobt, daß ein Platinthermometer zunächst in vertikaler Richtung verschoben wurde. Auf einer Strecke von 10 *cm* längs des Gasthermometers, und zwar in der Mitte des Bades, betrugen die Unterschiede 0,01° bis 0,02°. Als höchster Wert wurde bei — 150° einmal die Differenz 0,027° gemessen. Um die Unterschiede in horizontaler Richtung festzustellen, wurde das Gasthermometer entfernt und zwei an dasselbe angeschlossene Platinthermometer bei etwa 7 *cm* Abstand in das Bad getaucht. Bei — 150° wurden Unterschiede von 0,02 bis 0,03° beobachtet. Oberhalb — 100° zeigten die Thermometer keine Temperaturdifferenzen mit Sicherheit an. Dies trifft auch noch für eine Badtemperatur von — 12° zu. Etwas größer, aber wenige Hundertel Grad nie übersteigend, sind die Unterschiede, wenn man einen Körper von verhältnismäßig großen Abmessungen (wie ein Gasthermometer) in das Bad einführt, da man damit die Durchmischung der Flüssigkeit beeinträchtigt. Dies gilt weniger für die tiefsten Temperaturen als für die höheren, wo die Differenz zwischen der Temperatur des Bades und derjenigen der flüssigen Luft am größten ist.

Schließlich mag noch als Beispiel die Vergleichung von 4 Platinthermometern, Nr. 27, 29, 31 und 32, bei etwa — 104° gegeben werden. Bezeichnet man mit w den bei dieser Temperatur beobachteten Widerstand der Thermometer und mit w_0 ihren Widerstand bei 0°, so stellen die angeführten Zahlen den Quotienten $W = \frac{w}{w_0}$ dar. Die Temperatur t ist aus den zuvor an das Gasthermometer angeschlossenen Widerständen Nr. 29 und 31 ermittelt. Jede Horizontalreihe, die die zusammengehörigen Werte von W enthält, beanspruchte eine Beobachtungszeit von etwa 10 Minuten, da jeder Wert von W aus vier symmetrisch angeordneten Ablesungen gewonnen ist.

Etwa vier Einheiten der letzten Stelle von W entsprechen einer Temperaturänderung von 0,01°. Man erkennt also aus den angeführten Zahlen, daß sich die Temperaturkoeffizienten der Thermometer nur wenig unterscheiden, besonders gilt dies für Nr. 31 und 32. Gleichzeitig ist aus den Differenzen ersichtlich, daß die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen vom Mittel selbst bei veränderter Stellung der Thermometer niemals den Betrag von 0,01° übersteigen.

a) Alle Thermometer befinden sich in gleicher Höhe.

t	W_{27}	W_{29}	W_{31}	W_{32}	$W_{27} - W_{29}$	$W_{27} - W_{31}$	$W_{27} - W_{32}$
— 103,94	0,579 93	0,579 83	0,579 87	0,579 86	+ 0,000 10	+ 0,000 06	+ 0,000 07
— 103,92	0,580 00	0,579 85	0,579 93	0,579 94	15	7	6
— 103,91	0,580 07	0,579 92	0,580 01	0,580 01	15	6	6
				Mittel	+ 0,000 13_3	+ 0,000 06_3	+ 0,000 06_3
b) Nr. 29 um 10 *cm* nach oben, Nr. 32 um 5 *cm* nach unten verschoben.							
— 104,00	0,579 68	0,579 55	0,579 65	0,579 65	+ 0,000 13	+ 0,000 03	+ 0,000 03
— 104,03	0,579 59	0,579 42	0,579 52	0,579 51	17	7	6
				Mittel	+ 0,000 15_0	+ 0,000 05_0	+ 0,000 04_5

Zweifellos sind an dem beschriebenen Thermostaten, der mit möglichst einfachen Mitteln hergestellt wurde, aber in den meisten Fällen allen Anforderungen entsprechen wird, noch einige Verbesserungen anzubringen. So erscheint es bei dichtem Abschluß des Bades sehr wohl möglich, noch tiefere Temperaturen als — 150° zu erreichen. Man kann auf diese Weise den Petroläther vor Verdampfung und Aufnahme von Wasser schützen; allerdings ist mit der Abdichtung sofort eine umständlichere Handhabung der Instrumente verbunden. Ferner empfiehlt es sich, die kugelförmige Transportflasche B durch ein zylindrisches Gefäß zu ersetzen und zur Kühlung flüssigen Sauerstoff an Stelle der flüssigen Luft zu verwenden. Dann bliebe nämlich die zeitliche Änderung von h_1 und somit auch von h konstant, nachdem einmal die Badtemperatur eingestellt ist. Im vorliegenden Fall traf dies nicht völlig zu; es war vielmehr nötig, die Höhe h und die Eintauchtiefe des Hebers von Zeit zu Zeit zu verändern, da der hydrostatische Druck h_1 — außer in der Mitte der Flasche B — nicht proportional mit der Verminderung des Quantums der Flüssigkeit abnahm, und außerdem sowohl die Dichte σ_1 als auch die Kühlwirkung der flüssigen Luft infolge ihrer veränderlichen Zusammensetzung ständig eine andere wurde.

Bei der vorhandenen Anordnung mußte der Wasserdruck jedesmal von neuem durch Probieren gefunden werden. Dazu war, nachdem die gewünschte Temperatur ungefähr erreicht war, etwa eine halbe Stunde erforderlich. Diese Zeit könnte man abkürzen, wenn man einen vertikalen Streifen der Vorratsflasche unversilbert ließe und die Rohre S und H mit *mm*-Teilungen versähe.

Für viele Fälle wird es wünschenswert sein, von tiefen Temperaturen ausgehend, schnell zu höheren zu gelangen. Unter den jetzigen Umständen ist dies nicht möglich; denn, überläßt man das Bad sich selbst, so erwärmt es sich erst in 20 Stunden von — 150 auf — 100°. Schnellere Erwärmung ist am einfachsten auf elektrischem Wege durch eine Heizspule zu erzielen, die aber während der Messung auszuschalten ist.

Untersuchung zweier Teilkreise der Firmen G. Heyde und M. Hildebrand auf einem Wanschaffschen Teilkreisprüfer.

Von
Gustav Förster.
(Mitteilung aus dem Kgl. Preuß. Geodätischen Institut zu Potsdam.)

(Fortsetzung von S. 19.)

Nachdem das gesamte Beobachtungsmaterial fertig vorlag und die sämtlichen reduzierten Fehlergleichungen nach den Vorschriften auf *S. 14—15* gebildet und ihre Gewichte bestimmt waren, konnte die Berechnung der Durchmesserkorrektionen erfolgen. Ganz anolog der auf *S. 17* und *S. 18* mitgeteilten Ausgleichung wurden die Normalgleichungen für die 45 Durchmesserkorrektionen eines jeden Kreises gebildet und aufgelöst. Es ergaben sich folgende Durchmesserkorrektionen, welche dem Mittel der Kreisablesungen in zwei gegenüberstehenden Mikroskopen hinzuzufügen sind, um den Einfluß der Teilungsfehler auszuscheiden:

Durchmesser	Heyde [i]	Hildebrand [i]	Durchmesser	Heyde [i]	Hildebrand [i]	Durchmesser	Heyde [i]	Hildebrand [i]
0°	— 0,57″	+ 0,47″	60°	+ 0,39″	— 0,20″	120°	+ 0,02″	+ 0,71″
4	— 0,68	+ 0,44	64	+ 0,24	— 0,37	124	— 0,08	+ 0,52
8	+ 0,08	+ 0,43	68	+ 0,69	— 0,50	128	+ 0,37	+ 0,39
12	— 0,44	— 0,11	72	— 0,10	— 0,04	132	+ 0,26	— 0,36
16	+ 0,16	+ 0,48	76	— 0,23	+ 0,22	136	+ 0,39	+ 0,40
20	+ 0,31	— 0,09	80	+ 0,01	— 0,38	140	+ 0,41	— 0,19
24	+ 0,52	— 0,56	84	+ 0,15	+ 0,45	144	+ 0,38	+ 0,28
28	— 0,06	— 0,93	88	+ 0,22	+ 0,02	148	— 0,07	+ 0,68
32	— 0,61	— 1,49	92	+ 0,59	— 0,81	152	— 0,02	+ 0,25
36	— 0,29	— 1,08	96	+ 0,44	+ 0,29	156	— 0,62	+ 0,35
40	— 0,35	— 1,16	100	+ 0,25	— 0,04	160	— 1,23	+ 0,42
44	+ 0,06	— 0,90	104	+ 0,37	+ 0,58	164	— 0,87	+ 0,35
48	— 0,09	— 0,39	108	+ 0,34	+ 0,40	168	— 0,48	— 0,06
52	+ 0,61	— 0,13	112	+ 0,38	+ 0,11	172	— 0,57	+ 0,31
56	+ 0,25	— 0,34	116	— 0,07	+ 0,68	176	— 0,43	+ 0,93

Aus den einzeln berechneten v der Fehlergleichungen erhält man den mittleren Fehler einer Fehlergleichung vom Gewicht 1

$$\text{beim Heydeschen Kreis} \quad \sqrt{\frac{21{,}47}{225 - 43 - 45 + 1}} = \pm 0{,}40''$$

und

$$\text{beim Hildebrandschen Kreis} \quad \sqrt{\frac{30{,}59}{225 - 43 - 45 + 1}} = \pm 0{,}47''.$$

Der mittlere Fehler einer einzigen Einmessung eines Striches mit dem Mikrometer folgt hieraus zu

$$\frac{0{,}40''\sqrt{8}}{\sqrt{2}} = \pm 0{,}80'' \text{ oder } \pm 0{,}40^{p} \text{ beim Heydeschen}$$

und

$$\frac{0{,}47\sqrt{8}}{\sqrt{2}} = \pm 0{,}94'' \text{ oder } \pm 0{,}31^{p} \text{ beim Hildebrandschen Kreis.}$$

Die Normalgleichungen geben das Gewicht einer Korrektion

der Durchmesser 0°, 12°, 24°, . . . 26,7 (Heyde) bzw. 23,6 (Hildebrand),
„ „ 4°, 8°, 16°, 20°, . . . 13,3 „ „ 9,6 „ .

Daher ist der mittlere Fehler einer Korrektion

der Durchmesser 0°, 12°, 24°, ... $\frac{0,40''}{\sqrt{26,7}} = \pm 0,077''$ bzw. $\frac{0,47''}{\sqrt{23,6}} = \pm 0,097''$,

" " 4°, 8°, 16°, 20°, ... $\frac{0,40}{\sqrt{13,3}} = \pm 0,110''$ bzw. $\frac{0,47}{\sqrt{9,6}} = \pm 0,152''$.

Um die Durchmesserkorrektionen praktisch anwenden und daraus weitergehende Schlüsse auf die Genauigkeit der Kreisteilung ziehen zu können, ist zunächst die Trennung nach systematischen und zufälligen Teilungsfehlern notwendig. Dazu dient die Entwicklung in eine abgebrochene Fouriersche Reihe von der Form:

$$[i] = A_1 \sin(\varphi_1 + 2i) + A_2 \sin(\varphi_2 + 4i) + A_3 \sin(\varphi_3 + 6i) + \ldots + A_n \sin(\varphi_n + 2ni) + R_i .$$

Die errechneten numerischen Werte sind folgende

Heyde				Hildebrand			
Index	Periode	Amplitude A	Phasen konstante φ	Index	Periode	Amplitude A	Phasen-konstante φ
1	π	0,356″	274,1°	1	π	0,505″	173,8°
2	$\frac{\pi}{2}$	0,179	313,4	2	$\frac{\pi}{2}$	0,277	103,1
3	$\frac{\pi}{3}$	0,171	357,3	3	$\frac{\pi}{3}$	0,271	78,5
4	$\frac{\pi}{4}$	0,248	7,8	4	$\frac{\pi}{4}$	0.144	336,2
5	$\frac{\pi}{5}$	0,150	196,7	5	$\frac{\pi}{5}$	0,168	341,8
6	$\frac{\pi}{6}$	0,132	175,8	6	$\frac{\pi}{6}$	0,107	175,8
7	$\frac{\pi}{7}$	0,091	191,6	7	$\frac{\pi}{7}$	0,140	126,9
8	$\frac{\pi}{8}$	0,078	129,0	8	$\frac{\pi}{8}$	0,048	227,3
9	$\frac{\pi}{9}$	0,089	299,5	9	$\frac{\pi}{9}$	0.098	82,7
10	$\frac{\pi}{10}$	0,054	337.1	10	$\frac{\pi}{10}$	0,086	137,8

Um geeignete Mittelwerte R für die zufälligen, regellosen Durchmesserkorrektionen R_i zu erhalten, muß man von fehlerfreien Durchmesserkorrektionen $[i] + \delta[i]$ ausgehen. Der Mittelwert eines $\delta[i]$, also der mittlere Fehler einer Durchmesserkorrektion, ist bereits auf S. 40 berechnet. Für die Amplituden A, die Phasenkonstanten φ und die Reste R_i sind die fehlerfreien Werte auch nicht bekannt. Man hat daher insgesamt zu schreiben

$$[i] + \delta[i] = \sum_{\nu=1}^{\nu=n} (A_\nu + \delta A_\nu) \sin(\varphi_\nu + \delta\varphi_\nu + 2\nu i) + R_i + \delta R_i .$$

Die Differenz zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Durchmesserkorrektionen ist:

$$[i + 4^0] - [i] + \delta[i + 4^0] - \delta[i] = \sum_{\nu=1}^{\nu=n} (A_\nu + \delta A_\nu) \Big\{ (\cos \nu 8^0 - 1) \sin(\varphi_\nu + \delta\varphi_\nu + 2\nu i)$$
$$+ \sin \nu 8^0 \cos(\varphi_\nu + \delta\varphi_\nu + 2\nu i) \Big\} + R_{i+4} - R_i + \delta R_{i+4} - \delta R_i .$$

und die Quadratsumme aller 45 Differenzen

$$\left|\begin{array}{c}\sum\limits_{\frac{i}{4}=0}^{\frac{i}{4}=44}([i+4^0]-[i])^2 \\ -2\cdot 44\, M^2\end{array}\right| = \left|\begin{array}{c}90\sum\limits_{\nu=1}^{\nu=n} A_\nu^2 \sin^2 \nu\, 4^0 + 2\cdot 44\, R^2 \\ -90\, M_A^2 \sum\limits_{\nu=1}^{\nu=n} \sin^2 \nu\, 4^0 \quad -2\cdot 44\, M_R^2\end{array}\right|^{1)}.$$

Hierin bedeutet M den mittleren Fehler einer Durchmesserkorrektion (siehe *S. 40*) und M_A den mittleren Fehler einer Amplitude A. Da die Beobachtungsfehler klein sind im Vergleich zu den Resten R, so darf man hinreichend genau setzen

$$M_A = \frac{R}{\sqrt{22{,}5}}.$$

In erster Näherung darf man den mittleren Fehler M_R einer zufälligen Durchmesserkorrektion dem der gesamten Durchmesserkorrektion gleichsetzen:

$$M_R = M.$$

Man hat also

$$\sum_{0}^{\frac{i}{4}=44}([i+4^0]-[i])^2 = 90\sum_{\nu=1}^{\nu=n} A_\nu^2 \sin^2 \nu\, 4^0 + 88\, R^2 - 4\, R^2 \sum_{\nu=1}^{\nu=n} \sin^2 \nu\, 4^0,$$

und daraus folgt:

$$R = \sqrt{\frac{\sum\limits_{0}^{\frac{i}{4}=44}([i+4]-[i])^2 - 90\sum\limits_{\nu=1}^{\nu=n} A_\nu^2 \sin^2 \nu\, 4^0}{88 - 4\sum\limits_{\nu=1}^{\nu=n} \sin^2 \nu\, 4^0}}.$$

Wie man sieht, gehen die Amplituden A nur mit einem sehr kleinen Teilbetrag in die Differenzen der Durchmesserkorrektionen ein, und daher eignen sich diese besonders gut zur Berechnung der Mittelwerte R der zufälligen Durchmesserkorrektionen R_i. Die Ausrechnung gibt, wenn die Fouriersche Reihe nach dem 10. Glied abgebrochen wird:

$$R_{Heyde} = \sqrt{\frac{5{,}94 - 1{,}81}{88 - 6{,}74}} = \pm 0{,}23''\ (0{,}15\,\mu),$$

$$R_{Hildebrand} = \sqrt{\frac{9{,}69 - 2{,}17}{88 - 6{,}74}} = \pm 0{,}30''\ (0{,}15\,\mu).$$

Da der Durchmesser des Heydeschen Kreises 27 *cm*, der des Hildebrandschen nur 21 *cm* beträgt, so geben die Durchmesserkorrektionen allein noch keinen Maßstab zur Beurteilung der Güte beider Kreise. Es sollen deshalb bei den Fehlerangaben,

[1]) Man beachte allgemein folgendes: Für die fehlerfreien Größen $x_1, x_2 \ldots$ habe man die Messungsergebnisse $(x_1 - \delta x_1), (x_2 - \delta x_2) \ldots$ erhalten. Ihnen muß man also die Verbesserungen δ zufügen, um die Messungsfehler auszuscheiden. Die Quadratsumme aller x gibt:

$$\Sigma x^2 = \Sigma\{(x-\delta)+\delta\}^2 = \Sigma(x-\delta)^2 + \Sigma\delta^2 + 2\,\Sigma(x-\delta)\,\delta.$$

Nun ist aber $\Sigma(x-\delta)\,\delta = \Sigma x\,\delta - \Sigma\delta^2$, und weil zwischen den x und den δ kein funktionaler Zusammenhang besteht, so fordert die Methode der kleinsten Quadrate, daß $\Sigma x\,\delta = 0$ als wahrscheinlichster Wert eingesetzt werde. Daraus folgt: $\Sigma x^2 = \Sigma(x-\delta)^2 - \Sigma\delta^2$.

Die 45 Durchmesserkorrektionen erfüllen die Bedingung $\Sigma R_i = 0$, daher der Faktor 44.

soweit es wünschenswert ist, die ihnen entsprechenden linearen Größen, in Mikron ausgedrückt, in Klammern beigefügt werden.

Der mittlere systematische Fehler ist nun:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma [i]^2}{44} - R^2 - M^2};$$

in Zahlen:

$$S_{Heyde} = \sqrt{\frac{8{,}31}{44} - 0{,}23^2 - \frac{1}{3}\,0{,}077^2 - \frac{2}{3}\,0{,}097^2} = \pm 0{,}36''\ (0{,}24\,\mu),$$

$$S_{Hildebrand} = \sqrt{\frac{13{,}63}{44} - 0{,}30^2 - \frac{1}{3}\,0{,}110^2 - \frac{2}{3}\,0{,}152^2} = \pm 0{,}45''\ (0{,}23\,\mu).$$

Diese Fehlergrößen kann man auch aus den errechneten Amplituden (den Koeffizienten der Fourierschen Reihe) herleiten. Man beachte, daß der mittlere Fehler einer Amplitude $\frac{R}{\sqrt{22{,}5}}$ ist.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n A^2}{2} - R^2 \frac{n}{22{,}5}}.$$

Diese Formel dürfte kleinere Werte geben als die obige, weil die Fourierschen Reihen abgekürzt sind, die systematischen Fehler daher nicht vollständig durch diese Reihen dargestellt werden. Nimmt man nach und nach 1, 2, 3 ... *n* Glieder der Fourierschen Reihe, so gewinnt man einen rohen Anhalt dafür, an welcher Stelle diese Reihe zweckmäßig abzubrechen ist, um die systematischen Fehler noch in praktisch ausreichender Weise darzustellen. Die Rechnung gibt:

Heyde			Hildebrand		
n	$\frac{\Sigma A^2}{2} - R^2 \frac{n}{22{,}5}$	S	n	$\frac{\Sigma A^2}{2} - R^2 \frac{n}{22{,}5}$	S
0	— —	0,00″	0	— —	0,00″
1	0,063 — 0,002	0,25	1	0,128 — 0,004	0,35
2	0,079 — 0,005	0,27	2	0,166 — 0,008	0,40
3	0,094 — 0,007	0,29	3	0,203 — 0,012	0,44
4	0,125 — 0,010	0.34	4	0,213 — 0,016	0,44
5	0,136 — 0,012	0,35	5	0,227 — 0,020	0,45
6	0,145 — 0,015	0,36	6	0,233 — 0,024	0,46
7	0,149 — 0,017	0,36	7	0,243 — 0,028	0,46
8	0,152 — 0,020	0,36	8	0,244 — 0,032	0,46
9	0,156 — 0,022	0,37	9	0,248 — 0,036	0,46
10	0,157 — 0,024	0,37	10	0,252 — 0,040	0,46

Man erkennt hieraus, daß die ersten 4 bis 5 Glieder der Fourierschen Reihe vollauf zur Ausscheidung der systematischen Fehler aus praktischen Messungen genügen. Die Hinzunahme weiterer Glieder würde die Güte der Messungsergebnisse nicht steigern können.

Die totalen Durchmesserkorrektionen und die systematischen bis einschließlich des 4. Gliedes der Fourierschen Reihe sind in den Figuren 4 (Heydescher Kreis) und 5 (Hildebrandscher Kreis) graphisch dargestellt.

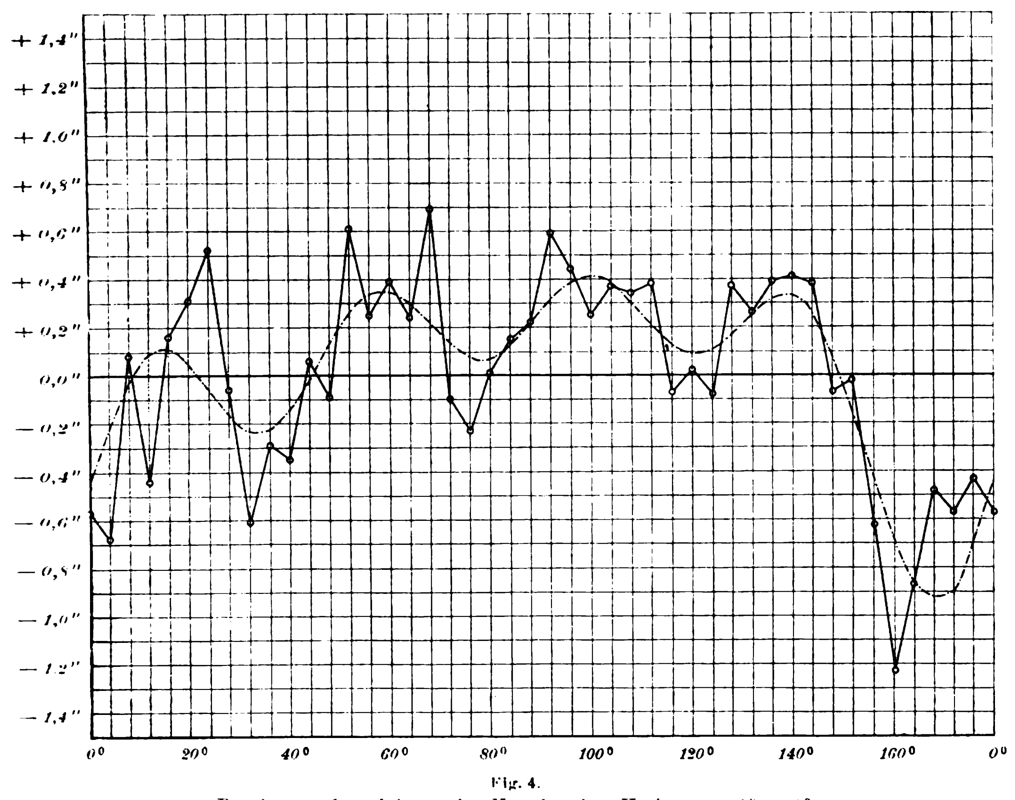


Fig. 4.
Durchmesserkorrektionen des Heydeschen Kreises von 4° zu 4°.

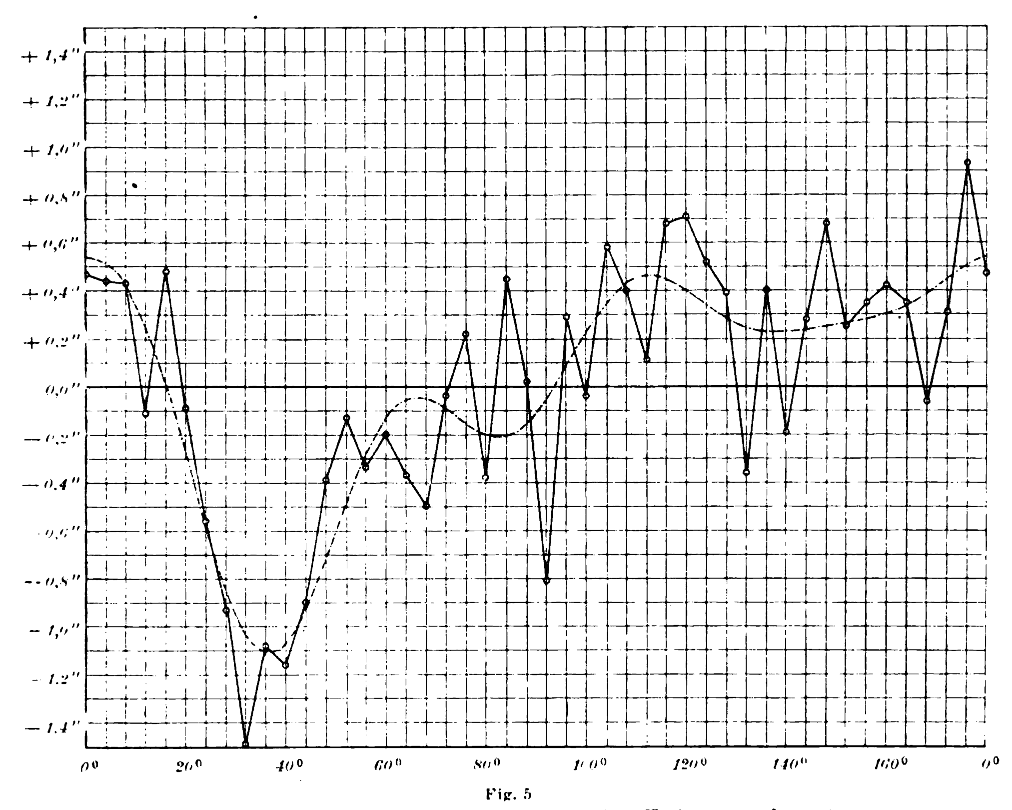


Fig. 5
Durchmesserkorrektionen des Hildebrandschen Kreises von 4° zu 4°.

Über die Genauigkeit der beiden Kreisteilungen kann man nach diesem 1. Teil der Untersuchung noch kein abschließendes Urteil abgeben. Insbesondere wird es sich zeigen, daß die zufälligen Durchmesserkorrektionen R_i bei den beiden Kreisen ganz verschieden zu deuten sind. Im 2. Teil der vorliegenden Kreisuntersuchungen sind die Korrektionen jedes einzelnen Teilstriches zwischen 359° 55′ und 4° 5′ bestimmt worden und zwar nach folgendem Verfahren:

Im Mikroskop I waren beim Heydeschen Kreise beispielsweise die 7 Teilstriche von 1° 15′ bis 1° 45′ sichtbar. Diese wurden mit dem Mikrometer bei feststehendem Kreise eingemessen, dann ist der Teilkreis um $^1/_2$ Schraubenumdrehung = 50″ fortgedreht und die Messung rückwärts wiederholt worden. Die Stellung der Mikrometerschraube war also bei der zweiten Hälfte der Messungen um $^1/_2$ Revolution gegen die erste verschieden. Dann ist der Teilkreis um 4′ 10″ (= + 5′ — $^1/_2$ Schraubenumdrehung) gedreht und dasselbe Beobachtungsverfahren auf die Teilstriche 1° 20′ bis 1° 50′ angewandt worden. Auf diese Weise sind sämtliche Teilungsintervalle innerhalb der ersten 4 Grade durchgemessen worden. Um den Gang der Beobachtung und Rechnung in mathematischer Form darstellen zu können, mögen bezeichnet werden: mit $t'_{5.1}$, $t'_{6.2}$, $t'_{7.3}$ . . . $t'_{11.7}$ die Trommelablesungen in partes, die nach dem Einstellen auf die Teilstriche 5, 6, 7 . . . 11 an den Schraubenstellen 1, 2, 3 . . . 7 gemacht worden sind, und mit $t''_{5.1}$, $t''_{6.2}$ . . . $t''_{11.7}$ die entsprechenden Ablesungen an den benachbarten Schraubenstellen nach Drehung des Kreises um 50″. Nahezu ist also $t' - t'' = {}^1/_2$ Rev. = 25^p = 50″. Jede andere Messungsreihe wird bei fast genau denselben Schraubenstellungen gewonnen, so daß die Elimination von Schraubenfehlern vollkommen erreicht ist. Setzt man zur Abkürzung $t' + t'' = t$ und ordnet die ersten Indizes den Teilstrichen 359° 55′ (1) 0° 0′ (2) 0° 5′ (3) 0° 10′ (4) . . . zu, so setzt sich das Beobachtungsprogramm aus den folgenden, dachziegelartig geschichteten Messungselementen zusammen:

										t_{27}	t_{16}	1. Beobachtungsreihe
									t_{37}	t_{26}	t_{15}	2. „
								t_{47}	t_{36}	t_{25}	t_{14}	3. „
							t_{57}	t_{46}	t_{35}	t_{24}	t_{13}	4. „
						t_{67}	t_{56}	t_{45}	t_{34}	t_{23}	t_{12}	5. „
					t_{77}	t_{66}	t_{55}	t_{44}	t_{33}	t_{22}	t_{11}	6. „
				t_{87}	t_{76}	t_{65}	t_{54}	t_{43}	t_{32}	t_{21}		7. „
			t_{97}	t_{86}	t_{75}	t_{64}	t_{53}	t_{42}	t_{31}			8. „
		$t_{10\cdot7}$	t_{96}	t_{85}	t_{74}	t_{63}	t_{52}	t_{41}				9. „
	$t_{11\cdot7}$	$t_{10\cdot6}$	t_{95}	t_{84}	t_{73}	t_{62}	t_{51}					10. „
$t_{12\cdot7}$	$t_{11\cdot6}$	$t_{10\cdot5}$	t_{94}	t_{83}	t_{72}	t_{61}						11. „
.	.	.	.	.	.							.
.	.	.	.	.								.

Die Rechnung setzt sich fort in der Bildung der Summen der Vertikallinien:

$$T_1 = t_{16} + t_{15} + t_{14} + t_{13} + t_{12} + t_{11},$$

$$T_2' = t_{27} + t_{26} + t_{25} + t_{24} + t_{23} + t_{22}, \qquad T_2 = t_{26} + t_{25} + t_{24} + t_{23} + t_{22} + t_{21},$$

$$T_3' = t_{37} + t_{36} + t_{35} + t_{34} + t_{33} + t_{32}, \qquad T_3 = t_{36} + t_{35} + t_{34} + t_{33} + t_{32} + t_{31},$$

usw.

und der Differenzen:

$$T_{12} = T_1 - T_2'$$

$$T_{23} = T_2 - T_3' \quad \text{usw.}$$

Die Größen T_{12}, T_{23} . . . sind den wahren Winkelwerten zwischen den benachbarten Teilstrichen 1,2, 2,3 . . . (von Beobachtungsfehlern abgesehen) proportional. Bezeichnet man den noch unbekannten Proportionalitätsfaktor, der die Größen T_{12},

T_{23} ... in Bogensekunden verwandelt, mit c, und versteht man unter [1], [2], [3] ... bzw. die Strichkorrektionen der Teilstriche 1, 2, 3 ... so ist also:

$$5 \cdot 60'' + [2] = [1] + c\,T_{12}$$
$$5 \cdot 60'' + [3] = [2] + c\,T_{23}$$
$$5 \cdot 60'' + [4] = [3] + c\,T_{34}$$
$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

Die Multiplikationskonstante c ist so bestimmt worden, daß die Summe der errechneten Winkelwerte zwischen 359° 55′ und 4° 5′, zwischen 0° 0′ und 4° 0′ usf. ungefähr der Summe der zugehörigen nominellen Winkelwerte: 4° 10′ + 4° 0′ + 3° 50′ + ... gleichkam. Für die Summe aller Strichkorrektionen ist als plausibelster Wert Null angenommen und die Durchmesserkorrektion [1] danach bestimmt worden.

Für den Hildebrandschen Kreis gilt dasselbe Beobachtungs- und Rechenschema mit entsprechender Ausdehnung auf 14 Mikrometermessungen in jeder Kreisstellung und mit einigen unwesentlichen Abänderungen, die daher rühren, daß der Heydesche Kreis rückläufig, der Hildebrandsche rechtläufig beziffert ist.

Die Rechnung ergab die in den Figuren 6 (Heydescher Kreis) und 7 (Hildebrandscher Kreis) dargestellten Strichkorrektionen (s. *S. 46*).

Die Differenzen $t' - t''$ sind sämtlich gebildet worden und haben zur Berechnung des mittleren Fehlers einer Mikrometereinstellung bzw. einer Differenz T gedient. Von den Differenzen $t' - t''$ sind zunächst ihre Mittelwerte τ, die man aus den 6 bzw. 13 Differenzen bei derselben Kreisstellung erhält, abgezogen worden. Ist N die Gesamtzahl der Differenzen (einige überzählige Messungen sind in die Fehlerrechnung mit aufgenommen worden), $2G$ die Gesamtzahl der Kreisstellungen, so ist der mittlere Fehler eines t' oder t'', also der mittlere Fehler einer einmaligen Einstellung und Ablesung, gegeben durch:

$$\sqrt{\frac{\Sigma (t'_\nu - t''_\nu - \tau_\mu)^2}{(N - G)\,2}},$$

und dazu kommt noch als Faktor der Parswert der Schraubentrommel, wenn der Einstellungsfehler in Bogensekunden ausgedrückt werden soll. In Zahlen:

Heydescher Kreis: $2'' \sqrt{\frac{68}{(336 - 48)\,2}} = \pm 0{,}69''$ oder $0{,}34^p$

Hildebrandscher Kreis: $3'' \sqrt{\frac{129}{(700 - 64)\,2}} = \pm 0{,}96''$ oder $0{,}32^p$.

Diese stimmen mit den auf *S. 19* und *39* ermittelten Werten $0{,}39^p$ bzw. $0{,}40^p$ für den Heydeschen und $0{,}30^p$ bzw. $0{,}31^p$ für den Hildebrandschen Kreis gut überein. (Die Bemerkung auf *S. 19* über die größere Messungsgenauigkeit beim Hildebrandschen Kreis findet auf die Strichuntersuchungen in den ersten 4 Graden keine Anwendung.)

Ebenso wie bei den Durchmesserkorrektionen im 1. Teil der Kreisuntersuchung, ist auch hier die Trennung nach zufälligen und systematischen Korrektionen wünschenswert. Zur Abkürzung möge gesetzt werden:

$[3] - [2] = \tau_{11}$ für das Intervall von 0° 0′ bis 0° 5′
$[4] - [3] = \tau_{12}$ „ „ „ „ 0° 5′ „ 0° 10′
$[5] - [4] = \tau_{13}$ „ „ „ „ 0° 10′ „ 0° 15′
. . . .
$[15] - [14] = \tau_{21}$ für das Intervall von 1° 0′ bis 1° 5′
$[16] - [15] = \tau_{22}$ „ „ „ „ 1° 5′ „ 1° 10′
usw.

und allgemein werde geschrieben $\tau_{\iota\kappa}$.

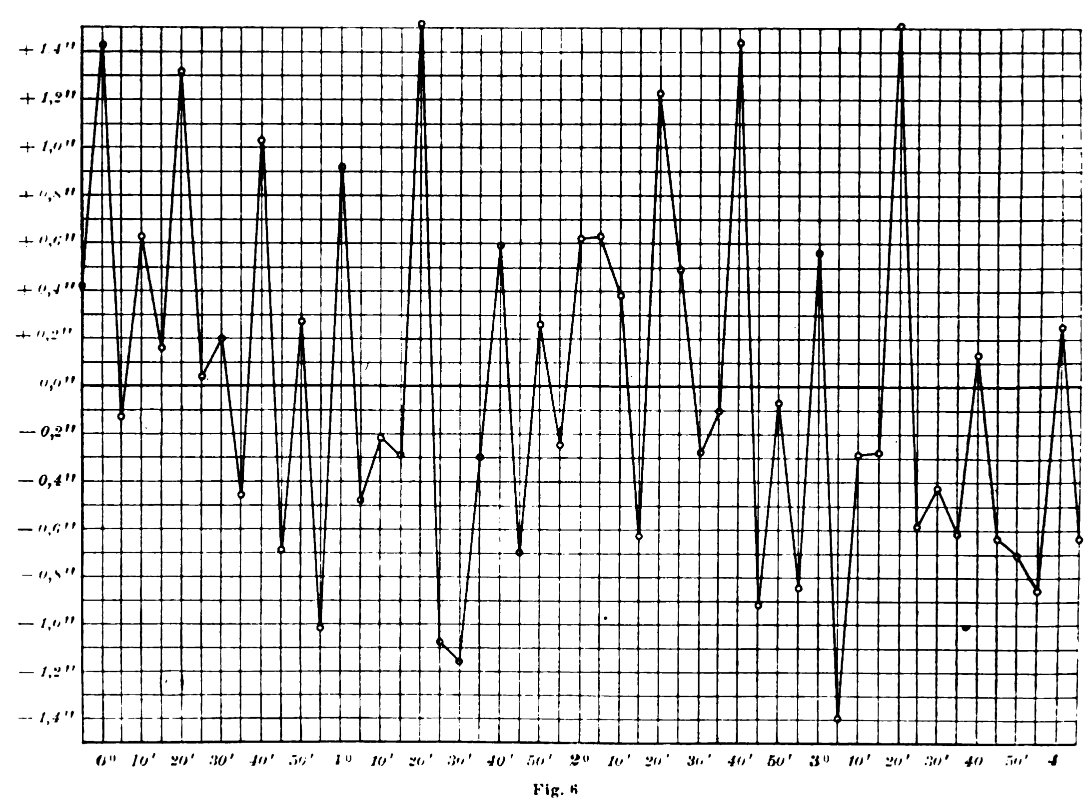


Fig. 6
Strichkorrektionen des Heydeschen Kreises von 0° bis 4°.

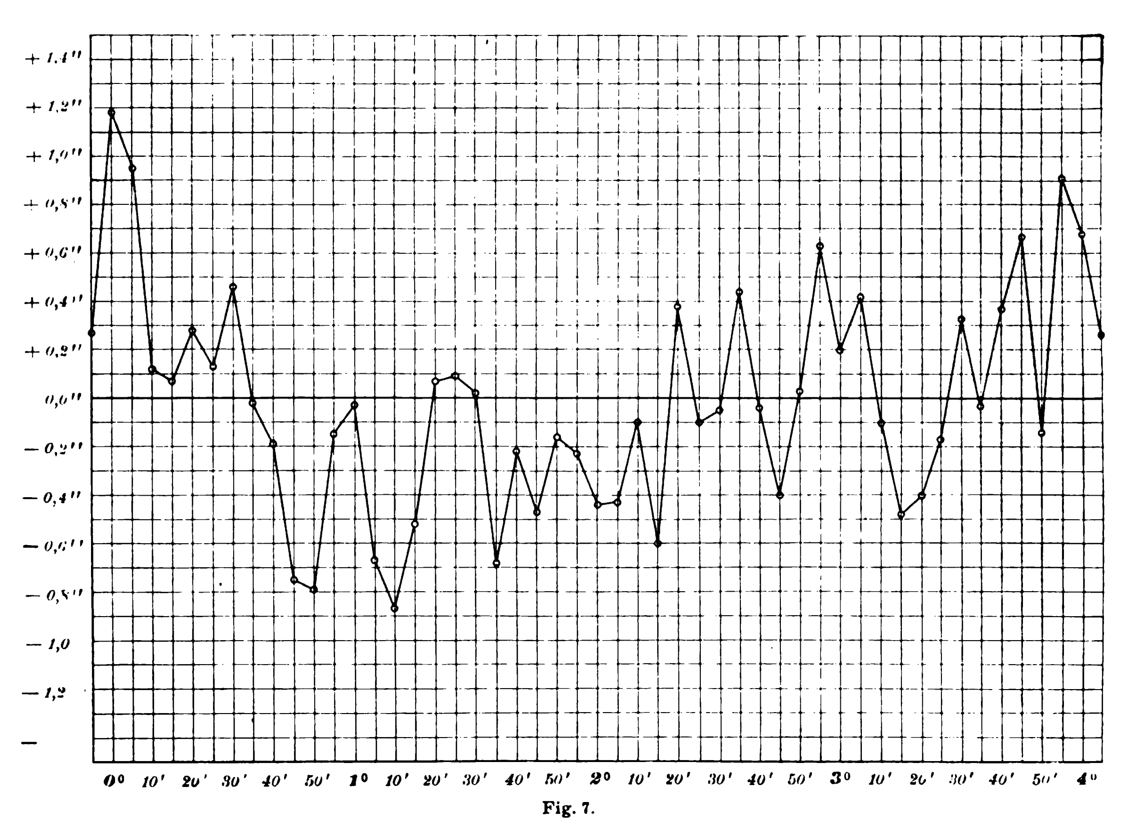


Fig. 7.
Strichkorrektionen des Hildebrandschen Kreises von 0° bis 4°.

Auf die Differenzen $\tau_{\iota x}$ zweier benachbarter Strichkorrektionen haben die großen Perioden sicher keinen praktisch nennenswerten Einfluß. Um auch die kleinen Perioden auszuscheiden, sind die Mittelwerte

$$\begin{aligned}
{}^1/_4\,(\tau_{11} + \tau_{21} + \tau_{31} + \tau_{41}) &= \tau_1 \\
{}^1/_4\,(\tau_{12} + \tau_{22} + \tau_{32} + \tau_{42}) &= \tau_2 \\
\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad &\cdot
\end{aligned}$$

oder allgemein τ_x gebildet und von den einzelnen Differenzen $\tau_{\iota x}$ abgezogen worden. Sind schließlich $(\tau_{\iota x} + \delta\tau_{\iota x})$ und $(\tau_x + \delta\,\tau_x)$ die fehlerfreien Größen, die den Messungsergebnissen $\tau_{\iota x}$ bzw. τ_x entsprechen, so wird das Quadrat des mittleren Fehlers einer Differenz zweier aufeinander folgender Strichkorrektionen

$$\frac{\Sigma\{(\tau_{\iota x} + \delta_{\iota x}) - (\tau_x + \delta\tau_x)\}^2}{51 - 12 + 1}.$$

Beachtet man für den Heydeschen Kreis, daß $\delta\,\tau_x = \frac{\delta\tau_{1x} + \delta\tau_{2x} + \delta\tau_{3x} + \delta\tau_{4x}}{4}$ ist, und der Mittelwert eines $\delta\,\tau_{\iota x}$, das ist der mittlere Fehler eines $\tau_{\iota x}$, $0{,}69'' \sqrt{\frac{1}{6}} = \pm\,0{,}28''$ beträgt, so folgt der Mittelwert einer Differenz $\tau_{\iota x}$

$$\sqrt{\frac{\Sigma(\tau_{\iota x} - \tau_x)^2 - \frac{3}{4}\cdot 0{,}28^2\cdot 48}{48 - 12 + 1}},$$

und der Mittelwert r des zufälligen Teiles einer Strichkorrektion τ ist das $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fache

$$r_{Heyde} = \sqrt{\frac{12{,}06 - \frac{3}{4}\cdot 0{,}28^2\cdot 48}{2\,(48 - 12 + 1)}} = \pm\,0{,}35''\;(0{,}23\,\mu)\,.$$

Ganz ähnlich erhält man für den Hildebrandschen Kreis $0{,}96'' \sqrt{\frac{1}{13}} = \pm\,0{,}27''$ als mittleren Fehler eines $\tau_{\iota x}$. Da die Messung sämtlicher Striche von 0° bis 1° wegen Störungen wiederholt und das Mittel beider Messungen in der Rechnung eingeführt worden ist, so hat man sich zu denken, daß etwa

$$\delta\tau_x = \frac{\frac{\delta\tau'_{1x} + \delta\tau''_{1x}}{2} + \delta\tau_{2x} + \delta\tau_{3x} + \delta\tau_{4x}}{4}$$

zu setzen ist. Dies gibt im Zähler des obigen Fehlerausdrucks 31,5 anstatt $\frac{3}{4}\cdot 48 = 36$

$$r_{Hildebrand} = \sqrt{\frac{6{,}15 - 31{,}5\cdot 0{.}27^2}{2\,(48 - 12 + 1)}} = \pm\,0{,}23''\;(0{,}12\,\mu).$$

Entsprechend der mittleren systematischen Durchmesserkorrektion S ist auch hier ein Mittelwert s zu bilden. Aus mancherlei Gründen wird man sich aber hier auf diejenigen Perioden beschränken müssen, die einen Grad oder einen ganzen Teil eines Grades ausmachen. In den Strichkorrektionen (Fig. 6 und 7) sind allerdings auch größere Perioden schwach angedeutet, man wird sie aber nicht mit hinreichender Sicherheit errechnen können. Zunächst bedingt die Art des Beobachtungsverfahrens eine Abnahme der Genauigkeit der Differenz zweier Strichkorrektionen mit der Entfernung zwischen den bezüglichen Strichen. Die nicht zu vermeidende Exzentrizität des Teilkreises und ein Schlottern der Achse, so klein es auch immer sein mag, täuschen ebenfalls leicht kleine Amplituden mit großer Periode vor. (Die jeweilige Exzentrizität des Teilkreises wäre in zwei um 90° gegen das benutzte

Mikroskop abstehenden Mikroskopen meßbar, doch würde das eine Vermehrung der Beobachtungsarbeit und eine unerlaubte Verlangsamung der Messung sein.) Die Veränderlichkeit des Teilkreisprüfers müßte auch in Rechnung gestellt werden. Auch ein Fehler der Eichungskonstanten C geht in die großen Perioden ein. Da endlich die großen Perioden der Strichkorrektionen teilweise schon in den mittleren Größen R und S stecken, so ist die Beschränkung der Rechnung auf kleine Perioden berechtigt.

Mittelt man gruppenweise die Strichkorrektionen

1. für 0° 0′, 1° 0′, 2° 0′, 3° 0′ und nennt das Mittel x_1
2. „ 0° 5′, 1° 5′, 2° 5′, 3° 5′ „ „ „ „ x_2

usw., so erhält man die numerischen Werte x

Lfd. Nr.	Minutenstrich	Heyde x	Hildebrand x
1	0	+ 0,75″	+ 0,23″
2	5	— 0,46	+ 0,07
3	10	+ 0,04	— 0,24
4	15	— 0,32	— 0,38
5	20	+ 1,36	+ 0,08
6	25	— 0,29	— 0,01
7	30	— 0,40	+ 0,19
8	35	— 0,33	— 0,08
9	40	+ 0,86	— 0,02
10	45	— 0,65	— 0,24
11	50	+ 0,05	— 0,26
12	55	— 0,61	+ 0,29

In den Fig. 8 und 9 sind diese graphisch dargestellt. Aus ihnen ergeben sich die Perioden und Amplituden der systematischen Strichkorrektionen

Periode	Heyde		Hildebrand	
	Amplitude	Phasenkonstante	Amplitude	Phasenkonstante
60′	0,15″	340°	0,03″	126°
30	0,13	243	0,24	102
20	0,55	92,5	0,10	91
15	0,18	300	0,04	214
12	0,08	90	0,12	243
10	0,89	90	0,05	90

Der Formel $S = \sqrt{\frac{\Sigma[i]}{44} - R^2 - M^2}$ entsprechend, erhält man für die Strichkorrektionen:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{12} - \frac{r^2}{4} - m_x^2}.$$

Da der mittlere Fehler m_x eines x klein ist gegen die anderen Größen des Wurzelausdruckes, so genügt eine rohe Schätzung für m_x

$$\frac{0{,}28''}{\sqrt{2 \cdot 4}} = \pm 0{,}10'' \text{ für den Heydeschen Kreis.}$$

und

$$\frac{0{,}27''}{\sqrt{2 \cdot 4}} = \pm 0{,}10'' \text{ für den Hildebrandschen.}$$

Also hat man:

$$s_{Heyde} = \sqrt{\frac{4,62}{12} - \frac{0,35^2}{4} - 0,10^2} = \pm 0,59'' (0,39\,\mu),$$

$$s_{Hildebrand} = \sqrt{\frac{0,52}{12} - \frac{0,23^2}{4} - 0,10^2} = \pm 0,14'' (0,07\,\mu).$$

Die mittleren Strichkorrektionen r stehen nicht im Widerspruch mit den mittleren Durchmesserkorrektionen R. Diejenigen Perioden, die nicht gerade einen runden Teil von 4° ausmachen, und alle Strichfehler, welche von der langsamen Veränderung der Teilmaschine während der Dauer der Teilarbeit herrühren, haben

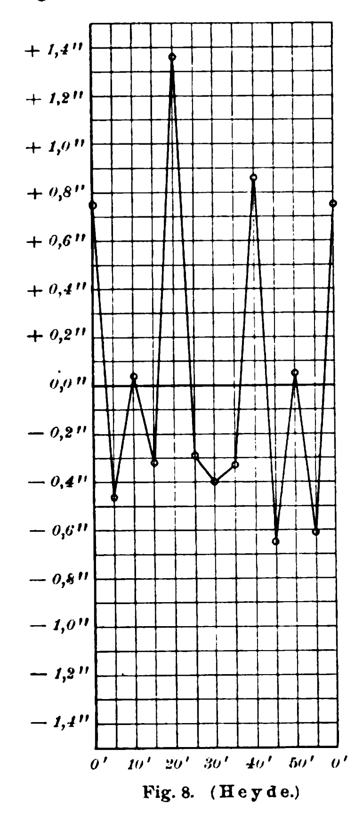


Fig. 8. (Heyde.)

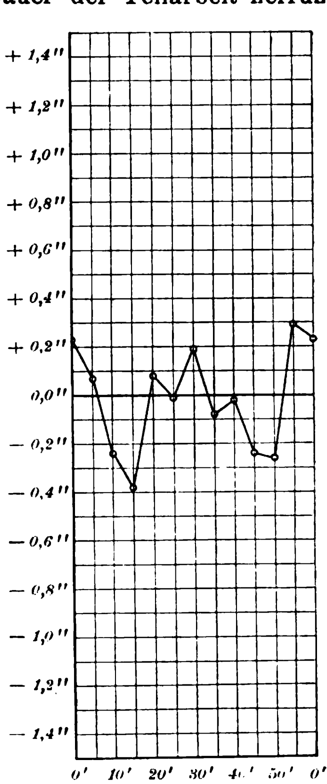


Fig. 9. (Hildebrand.)

die Eigentümlichkeit, daß sie mit wachsender Teilkreisbezifferung nur langsam veränderlich sind, d. h. daß sie für benachbarte Striche fast genau den gleichen Wert haben, für weit entfernte Striche aber wie zufällige Fehler wirken. Bezeichnet man einen solchen Fehler mit ϱ_n und den Mittelwert aller Fehler mit ϱ, und beachtet man, daß die Durchmesserkorrektion R_i sich zusammensetzt aus den Strichkorrektionen von vier Strichen, von denen je zwei nebeneinander liegen, so folgt die Gleichung:

$$R_i = \frac{(r_1 + r_2 + \varrho_1 + \varrho_1) + (r_3 + r_4 + \varrho_2 + \varrho_2)}{4}$$

und daraus der Mittelwert

$$R = \sqrt{\frac{r^2}{4} + \frac{\varrho^2}{2}}\,.$$

Die Rückwärtsrechnung liefert

$$\varrho = \sqrt{2\,R^2 - \frac{r^2}{2}}\,.$$

Numerisch:

$$\varrho_{Heyde} = \sqrt{2 \cdot 0{,}23^2 - \frac{0{,}35^2}{2}} = \pm 0{,}21'' \, (0{,}14 \, \mu),$$

$$\varrho_{Hildebrand} = \sqrt{2 \cdot 0{,}30^2 - \frac{0{,}23^2}{2}} = \pm 0{,}39'' \, (0{,}20 \, \mu).$$

Nunmehr ist es möglich, die Wirkungsweise der Teilungsfehler auf eine praktische Messung anzugeben. Eine Ablesung an einem einzigen Teilstrich wäre im Mittel zu verbessern um den mittleren Teilstrichfehler:

$$\sqrt{\varrho^2 + r^2 + S^2 + s^2},$$

das ist

$$\sqrt{0{,}21^2 + 0{,}35^2 + 0{,}36^2 + 0{,}59^2} = \pm 0{,}80'' \, (0{,}52 \, \mu) \text{ beim Heydeschen Kreis}$$

und

$$\sqrt{0{,}39^2 + 0{,}23^2 + 0{,}45^2 + 0{,}14^2} = \pm 0{,}65'' \, (0{,}33 \, \mu) \text{ beim Hildebrandschen.}$$

Eine Richtungsmessung, bei der an jedem Mikrometer (zwei Mikroskope im Abstande 180° vorausgesetzt) nur ein Teilstrich eingemessen wird, erhält die $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fachen Verbesserungen:

$$0{,}57'' \, (0{,}37 \, \mu) \text{ bzw. } 0{,}46'' \, (0{,}23 \, \mu).$$

Sind in jedem Mikroskop zwei Teilstriche verwendet worden (was in der Regel geschieht), so ist die mittlere Verbesserung einer Richtungsmessung:

$$\sqrt{R^2 + S^2} = \sqrt{0{,}23^2 + 0{,}36^2} = \pm 0{,}43'' \, (0{,}28 \, \mu) \text{ für den Heydeschen Kreis}$$

und

$$\sqrt{0{,}30^2 + 0{,}45^2} = \pm 0{,}54'' \, (0{,}27 \, \mu) \text{ für den Hildebrandschen.}$$

Die zufälligen Verbesserungen wird man im allgemeinen nicht an die Messungsergebnisse anbringen können, weil sie nur für einen kleinen Teil der Kreisteilung ermittelt worden sind.

Während die Durchmesserkorrektionen in Anbetracht der verschiedenen Kreisdurchmesser auf annähernd gleiche Teilungsgenauigkeit der beiden Kreise hinzeigten, ergaben sich in den Strichkorrektionen des Heydeschen Kreises auffallend große Amplituden für die 10′ und 20′ Perioden

$$0{,}89'' \sin\left(90^\circ + \frac{\nu'}{10'} 2\pi\right) + 0{,}55'' \sin\left(92{,}5^\circ + \frac{\nu'}{20'} 2\pi\right).$$

Die Firma G. Heyde äußert darüber folgendes:

„Diese“ (die kurzperiodischen Glieder) „dürften nach einer vor kurzem wieder vorgenommenen Untersuchung der Maschine zur Herstellung der Hohlschrauben auf Fehler in der Hohlschraube zurückzuführen sein. Die Maschine“ (zum Schneiden der Hohlschrauben) „hat durch den vielen Gebrauch in den Übertragungsmechanismen gelitten. Es haben sich mit der Zeit kleine periodische Fehler beim Schneiden der Hohlschraube eingeschlichen, die wir bei einer vorgenommenen Untersuchung vor kurzem feststellen mußten.“ . . . „Wir haben jetzt durch Umänderung unserer Hohlschrauben-Schneidemaschine den Fehler beseitigt, so daß wir absolut einwandfreie Hohlschrauben jetzt wieder erhalten.“ Es gibt auch noch andere Ursachen, die zu kurzperiodischen Gliedern der Strichkorrektionen und zur Unsicherheit der Teilstriche Anlaß geben können. Eine kleine Exzentrizität des auf der Schraubenachse sitzenden Zahnrades würde beispielsweise eine 20′ Periode in die Strichkorrektionen hineinbringen. Die Stellung des ganzen drehbaren Systems während einer Ruhepause (die zum Einritzen eines Striches benutzt wird) hängt lediglich von dem einen

Radzahn ab, der vom letzten Zahn des Sektors berührt worden ist. Man erkennt das unmittelbar aus Fig. 10: Kleine Fehler der Radzähne R_1 bis R_4 (einer Viertelumdrehung der Schraube entspricht ein $5' =$ Intervall des Teilkreises) werden sich als Teilstrichfehler ausdrücken. Der Übertragungsmechanismus ist jedenfalls nicht so stabil als die feste Klemmung des Teilkreises beim Kopierverfahren. Darum erscheint der große zufällige Strichfehler $r = 0{,}35''$ $(0{,}23\ \mu)$ im Gegensatz zu $r = 0{,}23''$ $(0{,}12\ \mu)$ beim Kopierverfahren durchaus erklärlich. Vielleicht wird es überhaupt unmöglich sein, diese Fehlergröße bei der automatischen Teilung so weit herabzudrücken, als es beim Kopierverfahren möglich ist. Den Schraubenfehlern könnte man vollständig entgegenwirken, und die regellosen Strichfehler, die von den Übertragungsmechanismen herrühren, etwas herabmindern dadurch, daß der Schraubenachse regulierbare Anschläge gegeben werden, so daß die Schraubenachse in den Ruhepausen durch die Anschläge festgehalten wird.

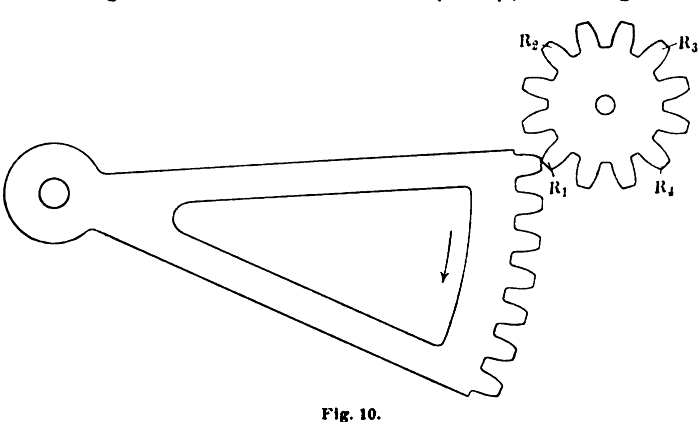


Fig. 10.

Während das automatische Teilverfahren in der Genauigkeit der einzelnen Teilstriche hinter dem Kopierverfahren zurücksteht, ist es diesem durch die rasche Herstellung der Kreisteilung und durch die Wirkungsweise der Hohlschraube überlegen. Das drückt sich in der Fehlergröße ϱ aus. Sie wird hauptsächlich bedingt durch die zeitlichen Änderungen der Apparate während der Dauer der Teilarbeit und durch mittelgroße Perioden. Es fand sich:

$$\varrho_{Heyde} = \pm 0{,}21''\ (0{,}13\ \mu) \qquad \varrho_{Hildebrand} = \pm 0{,}39''\ (0{,}20\ \mu)\,.$$

Beachtet man, daß beim Kopierverfahren im allgemeinen Strich für Strich so kopiert werden, wie sie aufeinander folgen, so ergibt sich ohne weiteres, in welcher Weise das Teilverfahren abzuändern wäre, um die Größe von ϱ herabzudrücken. Es müßte zunächst eine beschränkte Anzahl Teilstriche (etwa von 4^0 zu 4^0 je ein Strich) kopiert und dann ein Sektor (von 4^0 Ausdehnung) mit sämtlichen Teilstrichen in die Lücken hineinkopiert werden. (Ähnliches geschieht bei der Herstellung einer Urteilung.) Die Teilarbeit würde dadurch etwas vergrößert, könnte aber stets nach dem Kopieren je eines Sektors ohne Bedenken unterbrochen werden.

Bindet man sich nicht an die kleinen Mängel, die den Teilungsverfahren noch anhaften, sondern betrachtet die Genauigkeit moderner Kreisteilungen, wie sie in den beiden Kreisen der Firmen G. Heyde und M. Hildebrand vorliegen, allgemein, so verdienen die Leistungen auf diesem Gebiete volle Anerkennung. Es ist hervorzuheben, daß nicht allein der Winkelwert der Teilungsunsicherheit sich gegenüber älteren Kreisen verringert hat, sondern auch die Durchmesser der Kreise selbst sind gleichzeitig herabgesetzt worden. Sitzt doch ein einzelner Teilstrich an den vorliegenden Kreisen (die nur 21 bzw. 27 *cm* Durchmesser haben) auf etwa ein Zweimillionstel des Kreisumfanges sicher!

Der Distanzmesser von J. Zwicky.

Von
E. Hammer in Stuttgart.

1. *Einleitung.* Der in Deutschland gewöhnlich immer noch nach Reichenbach benannte Fernrohr-Entfernungsmesser mit festen Distanzfäden ist aus optischen Gründen gezwungen, verhältnismäßig große Werte der Multiplikationskonstanten k anzuwenden, so daß in der für horizontale Zielungen geltenden Grundgleichung für die Entfernung von der Kippachse des Fernrohrs bis zum Aufstellungspunkt der Latte

$$E = c + k \cdot l \qquad 1)$$

ein im Lattenabschnitt l begangener Beobachtungsfehler mit einer verhältnismäßig großen Zahl multipliziert und damit die Genauigkeitsleistung des entfernungsmessenden Fernrohrs herabgedrückt wird. Diesen kleinen Parallaxenwinkel β muß das Fernrohr anwenden, ob die Distanzfäden horizontal (parallel zur Kippachse) im Okular ausgespannt werden zur Anwendung bei stehender „Distanzlatte", oder ob sie in der Fadenebene des Okulars senkrecht zur Kippachse gerichtet werden, um den Lattenabschnitt an einer horizontal gelegten Latte beobachten zu können, wie es neuerdings wieder zur Vermeidung der bei der ersten Anordnung wirksamen Differentialrefraktion mehrfach empfohlen worden ist. Man hat schon verschiedene Mittel versucht, um den Wert des Parallaxenwinkels (mikrometrischen oder diastimometrischen Winkels) β steigern zu können, z. B. Anschlagvorrichtungen, wobei es sich um zwei verschiedene Zielungen eines und desselben, zwischen beiden um den Winkel β (Höhen- oder Horizontalwinkel) zu verstellenden Fernrohrs handelt. Bei jeder Anordnung ist im wesentlichen der reziproke Wert von β die Multiplikationskonstante k; bei arc $\beta = {}^1/_{100}$ (im Gradmaß $\beta = 34{,}48'$) ist ja auch z. B. sin β nur um ${}^1/_{60\,0000}$ kleiner, tg β um ${}^1/_{3000000}$ größer als ${}^1/_{100}$ oder die Unterschiede zwischen sin β und tg β gehen nicht über den 60000sten und 30000sten Teil von arc β selbst hinaus; sogar bei arc $\beta = {}^1/_{50}$ betragen diese Verhältniszahlen nur ${}^1/_{15000}$ und ${}^1/_{7500}$. Die Vergrößerung von β durch Reichenbachs verschiedene Okulare für jeden der zwei Distanzfäden ist von ihm selbst aufgegeben und seitdem nicht wieder versucht worden; unter $k = 70$ oder 60 ist bei Vereinigung der Zielungen über die zwei Fäden in demselben einteiligen Fernrohr nicht herabgegangen worden. Das Fernrohr muß ziemlich beträchtliche Vergrößerung erhalten zum Zweck genauer Lattenablesung und hat demgemäß verhältnismäßig kleines Gesichtsfeld. Um β nachhaltig vergrößern, k verringern zu können, d. h. die Genauigkeit der Entfernungsmessung zu steigern, hat kürzlich der Schweizerische Geometer J. Zwicky in St. Gallen (Langgaß) zu dem Mittel gegriffen, einen Theodolit oder Meßtischaufsatz mit zwei getrennten Fernrohren übereinander anzuordnen, wobei deren Ziellinien oder besser deren Kippebenen einen gewissen festen Horizontalwinkel, im allgemeinen wesentlich größer als 34,38′ (s. oben) miteinander einschließen. Das Instrument ist dann in Verbindung mit einer horizontal zu legenden „Distanzlatte" zu gebrauchen; man hat den Vorteil, aus dem zwischen den Fernrohrzielungen erscheinenden Lattenabschnitt sogleich die Horizontaldistanz, unbeeinflußt vom Höhenwinkel der Zielungen zu erhalten. Die Tachymetrie kennt zwar schon zwei übereinander liegende getrennte Fernrohre, die angedeutete Einrichtung aber ist neu und ich habe deshalb gern auf Wunsch des Herrn Zwicky eine Prüfung des ersten fertigen Instruments (mit der Konstanten 20) vorgenommen und will hier darüber berichten. Die Konstruktion ist durch das Schweizerische Patent 53464 und das D.R.P. 244513 geschützt. Dieses erste Instrument ist in Bülach, Schweiz, angefertigt,

hat einen zum Repetieren eingerichteten Teilkreis von 15 *cm* Durchmesser, in $^1/_4{}^g$ geteilt und durch Nonien auf 1` abzulesen; an Libellen sind eine Reitlibelle auf der oberen Kippachse, eine feste Alhidadenlibelle, endlich eine Nivellierlibelle auf dem untern Fernrohr vorhanden. Die zwei Fernrohre haben etwa 25 *mm* Öffnung, rd. 27 *cm* Fokus und 25fache Vergrößerung. Es mag übrigens, besonders bei der nicht sehr feinen Ausführung des Ganzen, hier alles wegbleiben, was sich nicht auf die *Entfernungsmessung* bezieht.

2. *Einrichtung des Instruments.* Das Prinzip ist bereits angedeutet und geht aus der beistehenden schematischen Fig. 1 noch deutlicher hervor: die zwei Fernrohre F_1 und F_2 sind in kleinem vertikalen Abstand so übereinander angeordnet, daß ihre zur Stehachse der Alhidade senkrechten Kippachsen $H_1' H_1''$ und $H_2' H_2''$ und also auch die Kippebenen ihrer berichtigten Ziellinien einen bestimmten Horizontalwinkel α miteinander einschließen (die Lagerung des untern Fernrohrs F_2 in den auf der Alhidadenscheibe AA stehenden Trägern T_I und T_{II} muß natürlich besser angeordnet werden als in der wie bemerkt nur schematischen Figur). Das Fadenkreuz jedes Fernrohrs besteht aus einfachem Vertikalfaden, der genau in einer durch die Stehachse gehenden Ebene liegen muß (s. u.), und einem Horizontalfaden. Die beiden Fernrohre sind ferner durch eine außen (einseitig) an beiden angreifende kleine Gelenkstange (am besten Lasche in etwa halber Entfernung zwischen Kippachsen und Objektiven an den Fernrohren in Gelenken befestigt) so gekuppelt, daß ihre Ziellinien stets gleiche Höhenwinkel behalten, und daß beim Anfassen des einen Fernrohrs zum Kippen das andere automatisch um denselben Kippwinkel sich bewegt. Auf die Einrichtung zur Horizontalwinkelmessung mit dem Instrument soll, nach dem oben Gesagten, nur durch die Bemerkung eingegangen werden, daß der Erfinder beabsichtigt, bei weiteren Exemplaren des Instruments die Klemmung der obern Kippachse und des Verbindungsstücks zwischen den zwei Fernrohren durch Einspringen einer Feder zu bewirken, so daß dann das Ausheben des obern Fernrohrs aus den Kippachsenlagern schnell geschehen kann, wenn das untere Fernrohr beim Horizontalwinkelmessen durchgeschlagen werden soll. Ein Höhenkreis ist an dem Instrument nicht vorhanden, so daß es nur zur Messung horizontaler Strecken dient, reiner Entfernungsmesser, nicht Tachymeter ist. Der zweite Teil des Meßapparats ist die mit Hilfe einer groben Libelle horizontal zu legende Latte. Ist O (vgl. Fig. 2) der Aufstellungspunkt des Instruments, P der Punkt, um dessen Horizontaldistanz von O es sich handelt, so kann die Latte so in P gelegt werden, daß sie normal zur Zielung des untern oder zu der des obern Fernrohrs gerichtet ist. Ist a' die Ablesung (Lattenabschnitt) im 1., a'' im 2. Falle, so ist

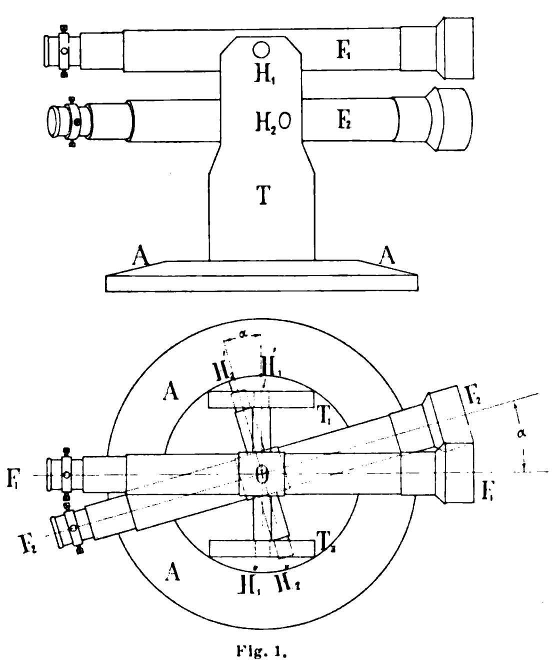


Fig. 1.

$$E = \frac{a'}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{a''}{\sin \alpha}, \qquad 2)$$

vgl. übrigens die im Eingang gemachte Bemerkung über die Werte von tg α und von sin α. Der Erfinder hat die zweite Anordnung vorgezogen: die Lattenrichtung bildet mit der zu messenden Entfernung OP den Winkel $(90^0 - \alpha)$; das obere Fernrohr F_1 zielt nach Punkt P, mit dem nahezu der Lattennullpunkt zusammengelegt ist; am unteren Fernrohr F_2, dessen Zielung die Lattenteilung normal trifft, wird am Vertikalfaden die Ablesung a'' gemacht, nachdem der Vertikalfaden von F_1 scharf auf den Lattennullpunkt gestellt ist; mit $C = \frac{1}{\sin \alpha}$ ist dann

$$E = C \cdot a''. \qquad 3)$$

Man kann C als runde Zahl wählen, z. B. $C = 20$, selbst 10, und eine gewöhnliche *cm*- oder $^1/_2$ *cm*-Latte verwenden zur Schätzung auf 1 *mm* oder $^1/_2$ *mm* (dem Betrag 2 oder 1 *cm*, oder 1 und $^1/_2$ *cm* in E bei den genannten Konstanten entsprechend); oder man kann bei beliebigem festem α eine *empirische* Lattenteilung herstellen, die ebenfalls sogleich E liefert. Die Latte ist zur Kontrolle ihrer Richtung mit einem abnehmbaren und umklappbaren Halter ausgerüstet, oben mit Öse zum Durchstecken eines vertikalen Stäbchens. Die Latte ist richtig gelegt, wenn der dem Halter zugekehrte Rand des Richtstabs, eine schwarzweiße Richtmarke neben dem Nullpunkt der Lattenteilung, und das Instrument in gerader Linie liegen. Es ist so auf sehr einfache Weise dafür gesorgt, daß der Beobachter vom Instrument aus die richtige Lattenlage kontrollieren kann. Diese Lattenrichtung ist in Fig. 3 angedeutet. Der Nullpunkt der Lattenteilung liegt so, daß die Zielung vom Instrument nach ihm übereinstimmt mit der Zielung nach dem den Zielpunkt bezeichnenden *Stab*, an den die Latte anzulegen ist. Bei richtig gelegter Latte trifft die Zielung des zweiten Fernrohrs senkrecht auf die Latte. Das zweite Ende der horizontalliegenden Latte (Libelle) ist von einem zweiten Gehilfen, der ein ganz ungelernter junger Bursche sein kann, so zu halten (Strebenstab), daß die erwähnte Richtvorrichtung stimmt. An neuern Latten hat Zwicky auch statt des aufklappbaren Halters einen Winkelspiegel für Herstellung des Winkels $(90^0 - \alpha)$ angeordnet. Die beschriebene Lattenrichtung statt der scheinbar näherliegenden mit dem Winkel 90^0 an Stelle von $(90^0 - \alpha)$ am Zielpunkt hat dieser gegenüber den Vorteil, daß der Fehler infolge ungenauer Lattenrichtung kleiner wird und ganz unabhängig ist vom Wert des Winkels α. Um die Latte vom Zielpunkt aus nach beiden Seiten hin legen zu können (vgl. Fig. 2), ist der Halter beiderseitig aufklappbar, und es sind *beide* Seiten der Latte mit Teilung versehen.

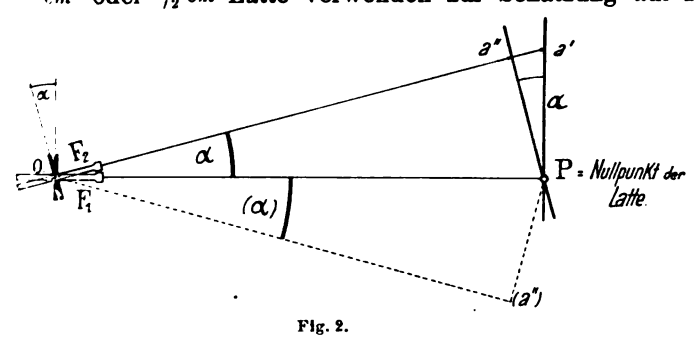


Fig. 2.

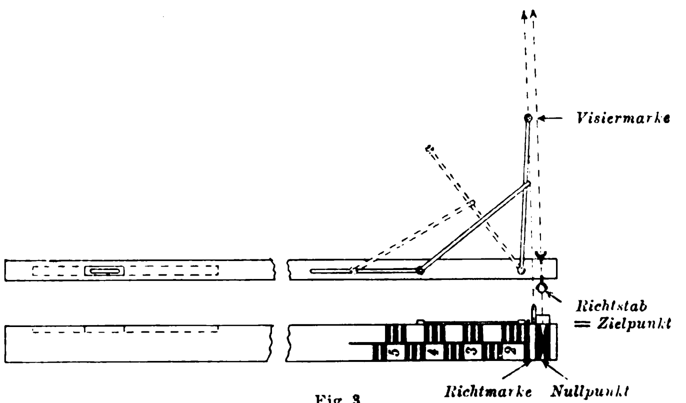


Fig. 3.

3. *Genauigkeitsversuche.* Bei dem von mir erprobten ersten Instrument war die Konstante $\frac{1}{\sin \alpha} = 20$ beabsichtigt, d. h. α sollte $2^0 51' 58''$ (a. T.; $= 3{,}1844^g$ n. T.) werden; der Horizontalwinkel zwischen den beiden Fernrohren ist aber bei der Herstellung ziemlich kleiner geworden (etwa $3{,}115^g$), so daß die Konstante 20,442 betrug bei normaler Lattenteilung. Die dem Instrument beigegebene Latte ist deshalb *empirisch* geteilt, übrigens ebenfalls nicht nach Wunsch ausgefallen, indem sie die Entfernungen (mit 20 als Konstante) um 0,55 v. H. zu klein gibt. Bei unsern Stuttgarter Genauigkeitsversuchen ist statt dieser Latte zuerst eine 1 *cm*-Latte mit Millimeterschätzung gebraucht worden; an zwei mit Latten sorgfältig abgemessenen horizontalen Strecken, 37,41 und 58,96 *m* im Hof der Technischen Hochschule, ist für die 1 *cm*-Latte erhalten worden $C = 19{,}850$ bis 19,864, das Mittel aller Zahlen ist 19,857. Mit dieser Zahl sind die ersten der folgenden Versuchsmessungen reduziert. Um nämlich zunächst die Wirkung verschiedener und besonders *großer* Neigungswinkel zu erproben, sind Strecken von rund 39 und 58 *m* zwischen zwei Punkten im Hofraum und Punkten auf Fensterbänken übereinander hin und her mit dem Instrument abgelesen (1912, Nov. 2). Die Strecken konnten mit Latten nicht unmittelbar scharf nachgemessen werden, sind aber von den Hofpunkten aus jedenfalls innerhalb weniger *cm* gleich; immerhin sind also der Versuchsanordnung gemäß untereinander unmittelbar nur die Strecken zwischen *I* und $A^{(k)}$ und zwischen $A^{(k)}$ und *I*, und ebenso die Strecken zwischen *II* und $A^{(k)}$ und zwischen $A^{(k)}$ und *II* vergleichbar. Es ergaben sich folgende Zahlen:

Vom Hofpunkt *I* aus:			Vom Hofpunkt *II* aus:		
Strecke	Höhenwinkel etwa	Horizontaldistanz nach Angabe des Instruments	Strecke	Höhenwinkel etwa	Horizontaldistanz nach Angabe des Instruments
nach A' (I. Stock)	$+ 9^0$	38,71 *m*	nach A'	$+ 6^0$	58,41 *m*
„ A'' (III. „	$+ 24^0$	38,75 „	„ A''	$+ 16^0$	58,38 „
„ A''' (Oberstock)	$+ 28^0$	38,73 „	„ A'''	—	—
Nach dem Hofpunkt *I*.			**Nach dem Hofpunkt *II*.**		
von A' aus	$- 9^0$	38,69 *m*	von A' aus	$- 6^0$	58,35 *m*
„ A'' „	$- 24^0$	38,62 „	„ A'' „	$- 16^0$	58,29 „
„ A''' „	$- 28^0$	38,59 „	„ A''' „	—	—

Die Abweichungen zwischen den tatsächlich unmittelbar vergleichbaren Zahlen sind also auch bei diesen großen Höhenwinkeln nicht groß.

Ein zweiter Versuch (1912, Nov. 4) auf dem Platz um das Physikalische Institut der Technischen Hochschule, von Obergeometer Heer angestellt, hat folgendes gegeben: auf einer durchschnittlich etwa 2 bis 3^0 geneigten Geraden sind die Punkte *0* bis *7* in beliebigen Entfernungen bis zu im ganzen 98 *m* hergestellt, und es sind ihre Entfernungen mit Latten sorgfältig gemessen, sodann diese Entfernungen bei Aufstellung des Instruments in *0* und später in *7* nach Ablesungen auf der bereits erwähnten, von Zwicky mitgelieferten Latte (vgl. Fig. 3), aber mit Zurückführung auf richtiges Maß (gemäß der von Zwicky angegebenen Zahl) notiert. Die erhaltenen Zahlen sind, wenn die Ergebnisse der direkten Lattenmessung als fehlerfrei angesehen werden (was nicht genügend zutrifft, doch geht der Fehler auch bei der ganzen Strecke von 98 *m* nicht über 1 *cm* hinaus), folgende:

Instrument in 0, Höhenwinkel der Zielungen etwa + 2° bis 3°. || Instrument in 7, Höhenwinkel der Zielungen — 2° bis 3°.

Ablesung an der empirisch geteilten Latte von Zwicky, auf richtiges Maß reduziert nach der Angabe von Zwicky.

1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Punkt	Entfernung nach Lattenmessung	Entfernung nach Angabe des Instruments	Distanz 2.—3. (Verb. an 3.)	Verhältniszahl 4. : 2.	Punkt	Entfernung nach Lattenmessung	Entfernung nach Angabe des Instruments	Distanz 2.—3. (Verb. an 3.)	Verhältniszahl 4. : 2.
	m	*m*	*cm*			*m*	*m*	*cm*	
0	0,00	—	—	—	7	0,00	—	—	—
1	13,24	13,21	+ 3	+ 0,0023	6	7,68	7,69	— 1	— 0,0013
2	27,04	27,10	— 6	— 0,0022	5	21,94	21,93	+ 1	+ 0,0005
3	41,91	41,94	— 3	— 0,0007	4	40,85	40.86	— 1	— 0,0002
4	57,53	57,57	— 4	— 0,0007	3	56,47	56,44	+ 3	+ 0,0005
5	76,44	76,55	— 11	— 0,0014	2	71,34	71,41	— 7	— 0,0010
6	90,70	90,72	— 2	— 0,0002	1	85,14	85,16	— 2	— 0,0002
7	98,38	98,38	0	0,0000	0	98,38	98,51	— 13	— 0,0013

Diese Zahlen zeigen deutlich einen systematischen Fehler derart, daß das Instrument mit der angenommenen Konstanten (bereits schon wieder merklich verändert?) für die empirische Lattenteilung die Entfernungen etwas zu groß liefert. Nach der linken und nach der rechten Hälfte der Messungen ziemlich übereinstimmend, kann man die erforderliche regelmäßige Korrektion auf — $^4/_{100000}$ oder — $^1/_{2500}$ der Entfernung schätzen. Sieht man von ihrer Anbringung ab, so erhält man als *mittlern unregelmäßigen Fehler*:

links (Messung von 0 aus) rund ± 0,0014 der Entfernung: || rechts (Messung von 7 aus) rund ± 0,0009 der Entfernung: | 4)

nach Anbringung der konstanten Korrektion — $^1/_{2500}$ würden sich die Zahlen ergeben:

links rund ± 0,0013 der Entfernung, rechts rund ± 0,0007 der Entfernung. 5)

Man kann also im *Mittel* die Genauigkeit, mit der das Zwickysche Instrument die Entfernung bei geringen Höhenwinkeln liefert, auf

± $^1/_{1000}$ (m. F.) der Entfernung 6)

schätzen, bei dem Konstantenwert 20 und Benützung einer in $^1/_2$ *cm* geteilten Latte (so daß jeder Lattenteil 0,1 *m* Entfernung entspricht), wobei auf der Latte der Nullpunkt durch besonderes Zielzeichen angegeben ist. Es ist bei der Beurteilung der vorstehenden Zahlen noch zu beachten, daß die Ablesungen ziemlich rasch, der Praxis entsprechend gemacht sind[1]). Das Ergebnis ist nicht ungünstig, zumal wenn man bedenkt, daß das Instrument noch verschiedene Mängel aufweist, und die Genauigkeit bei besserer Ausführung sicher noch gesteigert werden kann.

4. *Bemerkungen und Wünsche*. Die großen α-Werte, $C = 20$ oder gar 15, die die Zwickysche Konstruktion zuläßt und die die verhältnismäßig gute Genauigkeit ermöglichen, können selbstverständlich nur durch den Nachteil erkauft werden, daß die Messung auf kleinere Entfernungen beschränkt bleibt; denn bei $C = 20$ erfordert

[1]) Etwas geringere Genauigkeiten liefern die Zahlen nach Versuchen von H. Zwicky, die er in einer mir eben zugehenden Broschüre über das Instrument mitteilt: die Messungen sind mit demselben Instrument gemacht, es waren Höhenwinkel zwischen + 15^g und — 25^g (n. T.) vorhanden, durchschnittlich mögen die Neigungen nach oben oder unten etwa rund 8^g oder 7^g betragen haben.

die 100 *m*-Strecke bereits eine 5 *m*-Latte, und über dieses Maß wird man mit der *Latte* nicht wohl hinausgehen können. Die Anwendung eines längern *Bandes* würde jedenfalls wieder einen Teil des Vorzugs der größern Genauigkeit bei kleinen Konstanten vernichten, abgesehen von der umständlichen Aufstellung. Daß das Zwickysche Instrument überhaupt zur Lattenaufstellung zwei Leute braucht statt des einen sonst üblichen Lattenträgers fällt nicht schwer ins Gewicht aus dem schon oben angegebenen Grund. Für Polygonseitenmessung, jedenfalls eine der wichtigsten Anwendungen des neuen Instruments, ist die Konstante 20 sicher zu klein; es wird sich hier wohl am besten $C = 40$ eignen, wobei die Genauigkeit ja auf etwa die Hälfte der bei $C = 20$ vorhandenen sinkt, eine 5 *m*-Latte aber bis zu 200 *m* ausreicht. Bei $C = 50$ würde die Genauigkeit wohl schon nicht mehr hinreichen, wenigstens beim jetzigen Stand der Herstellung des Instruments. Ein unrunder Wert der Konstanten bietet keine Unbequemlichkeit, wenn man E einer dafür entworfenen *Tabelle* entnimmt. Das Instrument gleichzeitig für *mehrere* Werte von C einzurichten, durch Verschiebbarmachung des obern Kippachsenlagers, wie es der Erfinder beabsichtigt, so daß nach Bedarf C_1, C_2 . . . *eingestellt* werden könnte, halte ich, von Verwechslungen und Irrtümern abgesehen, schon im Interesse der Unveränderlichkeit eines bestimmten Winkels α entschieden *nicht für rätlich*, was auch immer für eine Einrichtung gewählt werden könnte; ich glaube auch, daß derartige Instrumente aus der Praxis ebenso rasch wieder verschwinden würden, wie die verschiebbaren Distanzfäden im Okular des entfernungsmessenden Fernrohrs gewöhnlicher älterer Einrichtung mit vertikalstehender Latte. Dagegen würde sich sicher der Versuch lohnen, die Richtiglegung der Latte durch ein einfaches Diopterröhrchen darüber zu vereinfachen. Bedenken habe ich bei der jetzigen Einrichtung gegen die genügende *Erhaltung* der Konstanten, besonders ist auch die an beiden Fernrohren angreifende, den gleichen Höhenwinkel für beide Zielungen sichernde Lasche in dieser Beziehung sicher ein Übelstand, auch wenn für die zwei Kippachsen starke geschlossene Lager angewandt werden; es wäre wohl erwünscht, wenn es gelingen würde, den ganzen Träger der zwei Fernrohre und ihrer Kippachsen-Mittelstücke aus einem einzigen Stück herzustellen. Abgesehen von andern Schwierigkeiten spricht freilich dagegen schon das bei der Horizontalwinkelmessung mit dem (Theodolit-)Instrument bei stärkern Neigungen der Zielungen erwünschte Durchschlagen des einen Fernrohrs nach Beseitigung des zweiten. Jedenfalls scheint mir aber beim jetzigen Bau des Instruments genügende Gewähr für längere *Erhaltung* einer gewissen Konstanten nicht vorhanden zu sein; schon die gewöhnlichen Erschütterungen bei kleinen Transporten des Instruments, von Bahntransporten usf. zu schweigen, können C merklich *ändern*. Zu beachten ist auch, daß geringer unrichtiger Gang des einen oder beider Okularrohre hier im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Horizontalfaden-Distanzmesser den Wert von C verändert. Hier wäre also statt des bisherigen Fernrohres mit Okularauszug, das Wildsche geschlossene Fernrohr, mit ganz festem Fadenkreuz und Fokussierung durch die konkave Schaltlinse am Platz. Ferner kann man nicht ganz mit derselben Bequemlichkeit wie bei den Fernrohr-Entfernungsmessern, die die zwei Zielungen in demselben Gesichtsfeld *vereinigen*, die zwei Lattenablesungen an den Vertikalfäden (oder die Einstellung des einen auf die Nullmarke oder runde Zahl und die Ablesung am andern) fast *gleichzeitig* machen, d. h. mit einem Blick nach den *beiden* Fäden sicher grobe Fehler ausschließen und die Ablesung verfeinern. Dagegen haben wieder bei Zwicky verhältnismäßig große Verdrehungen der Horizontallatte auch bei den größern Höhenwinkeln keine Bedeutung im Gegensatz zur fehlerhaften Haltung der Vertikallatte beim

gewöhnlichen Distanzmesser. Für die Ablesung an den zwei Vertikalfäden (oder Einstellung der einen und Ablesung am zweiten) ist noch zu bemerken, daß es nicht angezeigt ist, den Vertikalfaden jedes Fernrohrs stets nahe an demselben Punkt des Fadens (nahe dem Schnitt mit dem Horizontalfaden) verwenden zu wollen, wie man es ja von sonst gewohnt ist, da nachträgliche kleine Änderung des Höhenwinkels der gekuppelten Fernrohre von bedeutendem Einfluß auf die Zielrichtung sein kann; vielmehr muß man, nachdem der Vertikalfaden des einen Fernrohrs scharf auf die Nullmarke gestellt ist (nahe beim Schnitt mit dem Horizontalfaden) am Vertikalfaden des zweiten Fernrohrs eben an der Stelle ablesen, die im Gesichtsfeld seines Fernrohrs die Lattenskale gerade schneidet. Diese Stellen sind aber je nach Entfernung und nach Höhenwinkel *verschieden*; und wenn also der Vertikalfaden des zweiten Fernrohrs nicht *sehr* genau senkrecht zur Kippachse des Fernrohrs steht, so erhält man einen Ablesefehler, der recht bedeutend werden kann. Diesem Punkt der Konstruktion wird große Sorgfalt zu schenken sein. Ein frei zwischen den Enden der Richtschrauben gehaltener Fadenträger scheint nicht zweckmäßig, jedenfalls sollte das das Diaphragma enthaltende Stück Schlittenführung erhalten.

5. *Verwendungen des neuen Instruments.* Es handelt sich zunächst um einen Entfernungsmesser zur unmittelbaren Lattenablesung von *Horizontaldistanzen*, während die Höhenunterschiede nicht oder nicht unmittelbar mit dem Instrument ermittelt werden können. Die mit dem Instrument bei kleinem Konstantenwert (großem a) erreichbare Genauigkeit gestattet es sicher für die optische Messung von Polygonseiten auf freiem Feld brauchbar zu machen und es wird besonders für Gelände willkommen sein, das für die direkte Lattenmessung schwierig ist. Ebenso wichtig ist aber eine zweite Anwendungsmöglichkeit des Instruments: es wird in großem Umfang die Kreuzscheiben- (oder sonstige Rechtwinkelinstrument-) und Latten-*Planaufnahme* in der Kleinmessung, d. h. die „Methode rechtwinkliger Koordinaten" verdrängen können durch die von der Tachymetrie her gewohnte *Polarkoordinaten*-Methode mit optischer Bestimmung der Entfernungen. Es wird sich dabei besonders nützlich zeigen, wenn die Richtungen der Zielungen im azimutalen Sinn nicht am geteilten Kreis abgelesen, sondern an der Linealkante gezogen werden, d. h. also bei Planaufnahmen auf dem *Meßtisch*, und zwar bei *großen* Maßstäben, bei denen die Genauigkeit des gewöhnlichen Fadendistanzmessers mit stehender Latte nicht ausreicht. Für die Verwendung bei kleinen Maßstäben des Plans, besonders in der Topographie, ist das Instrument nicht besonders wichtig, jedenfalls nicht, soweit die Möglichkeit größerer Genauigkeit in Betracht kommt, sondern nur noch allenfalls weil es sogleich *horizontale* Entfernungen liefert; denn hier wird man stets mindestens die Konstante 100 nehmen, und selbst zu 200 greifen, z. B. bei Messungen in 1 : 25000. Allerdings ist für diese Zwecke am Zwickyschen Instrument auch der zweite Meßgehilfe entbehrlich, weil die Latte am einen Ende auf ein damit verbundenes leichtes Stativ gelegt werden kann, so daß nur das freie Ende zu halten ist, oder man kann sogar noch einfacher *neben* dem Zielpunkt eine Stütze einstecken und die Latte auflegen; Verschiebungen des Nullpunkts der Latte um bis zu 1 *m* und mehr kommen bei dem kleinen Maßstab ja nicht mehr in Betracht. Wichtig ist für *jeden* Fall der Anwendung des Zwickyschen Instruments und besonders auch im Zusammenhang mit dem zuletzt Gesagten die Bemerkung, daß die Latte stets sehr *leicht* gemacht werden kann, weil sie für genauere Messungen an beiden Enden gehalten wird, und weil Schwankungen der Latte in ihrer Richtung gegen die Zielung vom Instrument aus immer von kleinem Einfluß sind, bei beliebig *großen* Höhenwinkeln im Gegensatz zu steilen Visuren bei vertikalstehenden Latten.

Für technische Tachymetrie und topographische Tachymetrie wird, wie bereits angedeutet, das neue Verfahren weniger von Bedeutung sein, weil man auch bei diesen den Höhenunterschied zwischen Instrument und Latte erst auf Grund eines zu messenden Höhenwinkels rechnerisch erhält, und es für diese Rechnung gleichgültig ist, ob sie die *horizontale* Entfernnng benutzt (mal *tangens* des Höhenwinkels) oder eine *andere* an der Latte abzulesende Zahl (bei der gewöhnlichen Tachymetrie die Rechenhilfsgröße $(c + k\,.\,l)$, zu multiplizieren mit $^1/_2 \sin 2\,S$, wenn S den Höhenwinkel bedeutet); und gerade die genauere Ermittlung der *Höhenunterschiede* ist bei der technischen Topographie wichtiger als eine Verschärfung der Horizontaldistanzmessungen: ob die horizontale Entfernung hier auf $^1/_2\,m$ oder selbst $1\,m$ genau ist, ist weit weniger wichtig, als daß der Fehler im Höhenunterschied über wenige *dm* nicht hinausgeht.

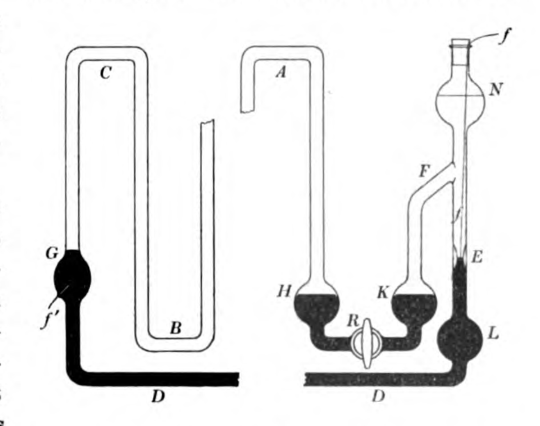
Ich möchte diese Notiz über das jedenfalls interessante neue Instrument mit dem Hinweis schließen, daß alle weitern Auskünfte darüber durch Herrn Geometer J. Zwicky in Langgaß-St. Gallen, Schweiz, zu erhalten sind, der vorläufig selbst den Vertrieb übernommen hat.

Referate.

Ein Apparat zur Regulierung der Temperatur am Spektrographen der Pariser Sternwarte.

Von M. Hamy. *Compt. rend.* **154.** *S. 1128. 1912.*

Für besonders genaue spektroskopische und spektrographische Arbeiten ist es erforderlich, daß das ganze optische System, besonders das Prismensystem, während der Dauer der Arbeit stets die gleiche Temperatur besitze. Dies wird gewöhnlich dadurch erreicht. daß man die Prismenkammer mittels eines in sie eingebauten regulierbaren elektrischen Widerstandes heizt; die Kontrolle geschieht durch Ablesung an einem Thermometer und erfordert natürlich die stete Aufmerksamkeit des Beobachters.



M. Hamy hat nun die Idee zu einem Apparat gegeben, welcher die Heizung des Spektrographen und die Regulierung der Temperatur automatisch besorgt. Er besteht in einer Art Thermometer, welches bei einer gewissen Höhe der Quecksilbersäule einen elektrischen Strom von geringer Spannung schließt und dadurch ein Relais betätigt. Dieses wiederum schließt oder öffnet den durch den Heizwiderstand gehenden Stromkreis, wenn die Temperatur in der Prismenkammer zu tief bzw. zu hoch ist.

Die beigedruckte Figur zeigt den Apparat, der aus einer mehrfach gebogenen Glasröhre besteht. In seinem Beginn trägt das Röhrensystem eine Erweiterung N und teilt sich dann in zwei Arme. Die Röhre F ist an ihrer tiefsten Stelle durch einen Hahn R verschließbar und besitzt auf beiden Seiten desselben je eine kugelartige Erweiterung H und K. Im weitern Verlauf weist die Glasröhre eine größere Anzahl von Biegungen auf (die Vorrichtung am Pariser Spektrographen besitzt deren fünfzehn) und geht dann am Ende der letzten in die Erweiterung G über. Von hier zieht sie sich über DD bis zur Erweiterung L und vereinigt sich dann mit der Abzweigung F. Bei E hat sie eine Verengung; bis an diese Stelle reicht von oben her ein Platindraht ff; auch in der Erweiterung bei G ist ein solcher (f')

eingeschmolzen. Der schwarze Teil der Röhre ist mit Quecksilber, der übrige mit Kreosot gefüllt, welches einen großen Ausdehnungskoeffizienten besitzt und die Oberfläche des Quecksilbers nicht angreift. Im offenen Teil der Röhre reicht das Kreosot bis zur Hälfte der Kugel *N*. Die Einstellung der Quecksilbersäule an der Kontaktstelle bei *E* auf eine bestimmte Temperatur geschieht dadurch, daß man bei offenem Hahn *R* das ganze Röhrensystem nach der einen oder andern Seite neigt und damit die Quecksilbermenge in der Kugel *H* nach Bedarf vergrößert oder verkleinert. Die Erweiterung *H* hat den Zweck, daß man mit kleinen Niveauänderungen des Quecksilbers große Verschiebungen der Flüssigkeit in der Röhre *A*... *G* und damit eine empfindliche Einstellung des Kontaktes bei *E* erzielt, während die anderen Erweiterungen, speziell *G* und *L*, dazu da sind, starke Niveauänderungen des Quecksilbers zu vermeiden.

Die Wirkungsart des Apparates ist folgende: Bei zunehmender Temperatur der Flüssigkeit in der Röhre *A*... *G* wird die Quecksilbersäule bei *L* steigen und schließlich die Stelle *E* erreichen. Eine weitere, ganz geringe Erhöhung der Temperatur bewirkt dann an dieser Stelle ein sehr rasches Steigen des Quecksilbers bis zum Platindraht *f*. Damit ist über *ff'* ein elektrischer Strom geschlossen, welcher im Wege eines Relais den Heizwiderstand ausschaltet, worauf die Quecksilbersäule bei *E* sinkt. In dem Moment, wo diese den Platindraht verläßt, erfolgt die Stromunterbrechung im Relais, und der Heizwiderstand tritt von neuem in Tätigkeit.

Nach der Angabe von Hamy arbeitet der Apparat ungemein sicher, und es ist möglich, die Temperatur in der Umgebung des Prismas auf ein Hundertel des Grades genau einzuhalten. Naturgemäß funktioniert der Apparat aber nur dann, wenn die Temperatur, auf welche die Reguliervorrichtung eingestellt ist, höher ist als die höchste, die im Beobachtungsraume erreicht werden kann. *Rheden.*

Über das kleinste Universalinstrument von Hildebrand.

Von W. Abold. *S.-A. aus „Sitz.-Ber. Naturf. Ges. bei der Univers. Jurjew". Bd. 21. Dorpat 1912. 4 S. 8°.*

Der Verf. berichtet über sehr günstige Ergebnisse von Zeit- und Breitenbestimmungen mit einem der bekannten kleinsten Universale von Hildebrand in Freiberg bei Gelegenheit der Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 17. April 1912 auf einem Punkt in Livland in rund 57° 56′ Breite. Die Abmessungen dieser kleinen Instrumente von nur 6 *kg* Gewicht sind: Kreise 10 *cm* Durchmesser, Nonienlesung am Höhenkreis 30″, am Horizontalkreis 1′; exzentrisches Fernrohr mit 20 *mm* Öffnung, Brennweite 15 *cm*, Vergrößerung 13; Empfindlichkeit der zwei Höhenlibellen 10″ und 5″. wobei die zweite Libelle bei der jetzigen Anordnung des Instruments als zu empfindlich bezeichnet wird, da die Justier- und die Stellschrauben nicht fein genug seien. Beide Libellen dieses Exemplars des Instruments (Nr. 4475) zeigten einen bedeutenden Temperaturkoeffizienten der Empfindlichkeit; der Teilwert der 10″-Libelle ist

$$p = 10{,}3'' + 0{,}15''\,(t - 13{,}6^0),$$

so daß sie ihre Empfindlichkeit für 10° Temperaturänderung um 1,5″ ändert. Die Beobachtungsmethoden waren die der gleichen Zenitdistanzen, für Δu die Zingersche, für φ die Pjewzowsche Methode mit Auswahl der Sternpaare nach Schtschetkin. Im Mittel aus 4 und 5 Sternpaaren erhielt der Verf. Δu mit einem m. F. von 0,3ˢ bis 0,2ˢ (ohne Anbringung der Gangkorrektion, deren Berücksichtigung den ersten Fehler auf ± 0,1ˢ herabsetzt); aus 6 Breitenbestimmungen folgte der m. F. des Ergebnisses *einer* Messung ± 2,4″, der m. F. des Resultats also kaum über 1″.

Zum Schluß erklärt der Verf. ein Instrument von etwa denselben Dimensionen, aber mit *Horrebow-Libelle* ausgerüstet, als Reiseinstrument für besonders wünschenswert; er habe ein solches Instrument bisher wegen der Konstruktionsschwierigkeiten nicht erhalten können: Fernrohrvergrößerung 20, Zahl der Horizontalfäden für die Zeitbestimmung 5 (in solchem Abstand, daß für die oben angegebene Breite 50° bis 60° ein Zeitstern, d. h. Stern nahe

dem I. Vertikal, etwa 20^s zum Durchlaufen eines Intervalls brauchen würde), die beiden mittlern Intervalle aber nochmals durch je einen Faden halbiert (also im ganzen 7 Fäden; die 5 mittlern zur Breitenbestimmung zu benutzen); Fernrohr gebrochen, damit Höhenkreis an das Okularende der Kippachse gelegt werden kann und die sorgfältig zu konstruierende Horrebow-Libelle an das entgegengesetzte Ende, womit besserer Schutz der Libelle vor Wärmestrahlung erreicht und der Gebrauch selbst einer 5″-Libelle ermöglicht wird. Ein solches kleines und leichtes Instrument würde die Genauigkeit der Messung von Δu und von φ auf Reisen noch steigern lassen. *Hammer.*

Zur Theorie der einseitig wirkenden Instrumentalfehler an Repetitionstheodoliten.

Von O. Israel. *Dissertation.* Dresden 1912.

Über die systematischen Fehler der Winkelmessung „mit Repetition“ (besser Multiplikation) und ihre Ursachen ist seit den Zeiten von Benzenberg, Struve, Bessel, Gauß viel geschrieben worden. Jene Fehler, nebst dem allgemeinen Aufgeben des von Reichenbach hartnäckig festgehaltenen Nonius zugunsten des Schraubenmikroskops an feineren Instrumenten sind der Grund, aus dem für die Haupttriangulation die „Repetitions“-Methode (die z. B. bei den süddeutschen Landesvermessungen, in Bayern, Württemberg, Baden fast durchaus angewandt worden war) ganz verlassen worden ist. Man ist dann in diesem Verlassen viel zu weit gegangen, indem man es auch auf alle Kleinmessungen mit Nonientheodoliten ausgedehnt hat. Zwei neuere Untersuchungen, durch Vogler veranlaßt, sind vor bald zwei Jahrzehnten in der *Zeitschr. f. Vermess.* erschienen, von Friebe ***23.*** *S. 333. 1894* und von Nippa ***25.*** *S. 675. 1896*; die erste behandelt Repetitionstheodolite Reichenbachscher Bauart, die zweite Repetitionstheodolite mit der „französischen“ Anordnung des Vertikalachsensystems.

Der Verf. der vorliegenden Dissertation bringt einen neuen Beitrag zur Kenntnis dieser einseitigen Fehler der Winkel-„Repetition“, wobei er die Frage sowohl theoretisch als experimentell, unter Benützung der Messungsergebnisse eines Heydeschen Instruments mit französischem Achsensystem behandelt. An Fehlerquellen, die Repetitionsmessungen systematisch fälschen können, führt er auf:

a) solche, die vom Nichtzusammenfallen oder von nicht paralleler Lage der Umdrehungsachsen des Limbus und der Alhidade herrühren, und

b) solche, die entstehen, wenn durch die Klemmung Limbus/Unterbau oder Alhidade/Limbus die vorausgesetzte Unveränderlichkeit der genannten Teile nicht erreicht ist, sondern gesetzmäßig gestört wird.

Den Einfluß der Fehlerquellen a) hat Helmert untersucht (*Zeitschr. f. Vermess.* ***5.*** *S. 296. 1876 und* ***6.*** *S. 32. 1877*); er läßt sich einfach eliminieren und es bleiben also nur die Fehler b) zu betrachten. Daß es sich dabei nicht allein, der gewöhnlichen Annahme gemäß, darum handelt, daß die bei geklemmtem Limbus gedrehte Alhidade den Limbus etwas mitdreht (so daß in der Regel der Ausdruck „Mitschleppen des Limbus“ als gleichbedeutend mit den systematischen Fehlern des Repetierens angesehen wird), hat schon Struve erkannt. Das Limbusmitschleppen gibt bei der „Repetitionsmessung *mit* der Teilung“ (Drehung der Alhidade von links nach rechts) die Winkel regelmäßig *kleiner* als bei der „Repetitionsmessung *gegen* die Teilung“ (Drehung der Alhidade von rechts nach links), und das schon von Benzenberg empfohlene Verfahren, die Winkel gleich oft „von links nach rechts“ und „von rechts nach links“ zu repetieren, hebt diesen systematischen Fehler vollständig oder doch zum größten Teil auf, wie auch Gauß und neuerdings Jordan bestätigt fanden. Das angegebene Messungsverfahren ist auch in der Tat immer zu empfehlen; Struve hat aber auch mehrfach die Winkel „*mit* der Teilung“ repetiert *größer* erhalten als „*gegen* die Teilung“ gemessen.

Eine nicht unveränderliche Lage zwischen Alhidade und Limbus und zwischen Limbus und Unterbau, die nach dem Vorstehenden allein zu untersuchen ist, ist nur möglich, wenn die Klemmvorrichtung des Limbus trotz angezogener Klemmschraube kleine Bewegungen

des Limbus zuläßt, und wenn eine Torsion des Limbus eintritt. Bezeichnet σ den ersten, τ den zweiten Teilfehler, so ist also der Gesamtfehler von der Form

$$\gamma = \sigma + \tau; \qquad 1)$$

dabei kann γ nur zustande kommen, wenn genügend starke tangential angreifende Kräfte den Limbus zu drehen suchen. Diese Kräfte können entweder durch Drehung der Alhidade wirken („Mitschleppen" durch Reibungsmomente) oder als „rein äußere Umstände", wie z. B. durch das Anlegen der Hand an die Alhidadenfeinschraube; in diesem zweiten Fall wird die summarische Bezeichnung K dafür eingeführt. Die Wirkung aller dieser Kräfte zur Hervorbringung von γ hängt ab von der Art der Klemmen (Randklemmen, Ringklemmen, Zentralklemmen), sowie von der Anordnung des doppelten Achsensystems (Reichenbachsche Bauart und sog. französische Bauart), endlich ist bei jeder dieser zwei Repetitionseinrichtungen zu unterscheiden zwischen Mikroskoptheodoliten und Nonientheodoliten: bei den ersten wird reine Zapfenreibung, bei den zweiten dagegen auch peripherische Reibung zwischen Limbus- und Alhidadenkreis vorausgesetzt (ob immer berechtigt?). Bei einer Limbuszentralklemme würde σ zu Null werden, wenn der Bremsklotz s in tangentialer Richtung absolut fest in seinem Lager sitzen könnte; auch ein Zusammenhang zwischen K und σ kann bestehen. Bei einer Limbusrandklemme kommt σ durch toten Gang der Limbusfeinschraube zustande. Der Betrag von σ kann also verschiedene Ursachen haben, die nur durch Versuche von Instrument zu Instrument ermittelt werden könnten; dagegen kann τ aus dem Torsionsmoment berechnet werden. Eine vollkommen fehlerfrei konstruierte Limbusklemme, falls sie möglich wäre, würde zwar nur $\sigma = 0$ machen, aber der Wert von τ könnte in diesem Fall durch das Benzenbergsche Kompensationsverfahren eliminiert werden. Dies ist jedoch nur zutreffend, wenn außer der Zapfenreibung keine reibenden Flächen vorhanden sind, was wohl nie der Fall ist; am schlimmsten scheint die kleine Scheibe am Fuß des Alhidadenzapfens zu wirken, sowohl bei der Reichenbachschen wie bei der französischen Ausführung der Repetiervorrichtung.

Zu seinen Versuchsmessungen hat der Verf. einen Heydeschen Repetitionstheodolit französischer Bauart verwendet, dessen wesentliche Abmessungen, Einrichtungen und Leistungen folgende sind: Teilungsdurchmesser 16 *cm*, $^1/_6{}^0$-Teilung; Heydesche Mikrometereinrichtung mit 2 Ablesemikroskopen, direkte Lesung 10″, Schätzung 1″; Fernrohr 35 *mm* Öffnung, 30-fache Vergrößerung, 30 *cm* Objektivbrennweite; Belastung des Alhidadenzapfens rund 4 *kg*, des Limbuszapfens rund 1,2 *kg*; Teilung vorzüglich: mittlerer totaler Strichfehler ± 0,61″, mittlerer unregelmäßiger Fehler ± 0,46″; mittlerer Einstell- und Ablesungsfehler an jedem der Mikroskope ± 0,81″; mittlerer Zielfehler des Fernrohrs (bei Einstellung auf die besonders scharfen Zielzeichen im Zimmer, nämlich feine Striche einer Millimeterskale in rund 8 *m* Entfernung) ± 0,73″; mittlerer Gesamtfehler einer einmal beobachteten Richtung ± 1,02″, eines einfach gemessenen Winkels ± 1,45″. Der mögliche Maximalwert von γ wird zu 4,7″ berechnet; das wirklich vorhandene γ ist aber abhängig von Größe und Richtung der äußeren Kräfte K. Das Hauptergebnis der ausführlich mitgeteilten Versuchsmessungen ist das, daß bei der Drehung der Alhidadenfeinschraube ein wirksames K entstand, von dessen Betrag der Wert von σ bei dem Versuchsinstrument abhängig ist.

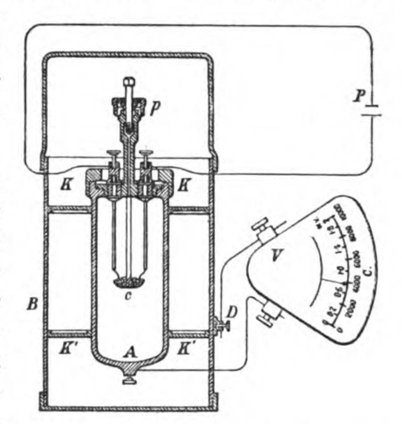
Die Schlußbetrachtung stellt zunächst die Quellen von γ nochmals zusammen mit kurzer Diskussion; es wird dabei nochmals hervorgehoben, daß die unerwünschte Limbusbewegung unabhängig ist von der Größe des repetierten Winkels und der Anzahl der Repetitionen (wie stellt sich hiernach die „einfache" Winkelmessung im Vergleich mit der Repetitionsmessung?), ferner wird nochmals auf die Zusammensetzung von γ aus zwei Teilen gemäß 1) hingewiesen, dem verhältnismäßig unbedeutenden Torsionswinkel τ und dem Betrag σ, um den sich der Limbus bei angezogener Klemme bewegen kann. Sodann werden Vorschläge für die *Konstruktion* von Repetitionstheodoliten im Sinne einer Verminderung von γ gemacht, wobei speziell empfohlen wird: Verringerung der Zapfenreibung; reine Zapfenreibung, keine andern reibenden Flächen; Abstand zwischen Alhidaden- und Limbusklemme möglichst gering; Bremsklotz bei Zentralklemme des Limbus in tangentialer Richtung absolut

fest, ebenso Bremsbacken bei Randklemmen, hier auch Limbusfeinschraube ohne toten Gang. Auf eine *Aufhebung* von γ könnte besonders gerechnet werden, wenn es gelingen würde, bei der Klemmung der Alhidade eine Schraube anzuwenden, die tangentiale Züge und Drücke durch die Hand ausschließt. *Hammer.*

Eine neue kalorimetrische Bombe.

Von Ch. Féry. *Journ. de phys.* **2.** *S. 550. 1912.*

Das von Féry konstruierte und des näheren von Robert S. Whipple, *Engineering* **94.** *S. 408. 1912* untersuchte Kalorimeter ist den Zwecken der Industrie angepaßt und besonders geeignet, um den Heizwert der Kohle zu bestimmen. Es zeichnet sich vor ähnlichen Apparaten durch sein geringes Gewicht (ca. 1 *kg*) aus, da es keine Kalorimeterflüssigkeit enthält, sondern direkt die Temperaturerhöhung des Metallgefäßes zu messen gestattet. Die Kapazität des Kalorimeters wird dadurch erheblich verringert und, allerdings unter Einbuße von Genauigkeit, seine Empfindlichkeit im gleichen Maße vergrößert, so daß man die Temperaturänderung, die 50—60° beträgt, auf sehr einfache Weise beobachten kann.



Die Bombe A, in der die Verbrennung stattfindet, ist ein gußeisernes Gefäß von ca. 250 *ccm* Inhalt. Es wird von den Konstantanscheiben KK' getragen und ist von dem Messinggefäß B umgeben. Der zu verbrennende Körper wird auf den Teller c gelegt und dort auf elektrischem Wege durch die Batterie P entzündet. Durch das Nadelventil p wird komprimierter Sauerstoff bis zu einem Druck von 25 Atmosphären in die Bombe eingeführt. Die Verbrennung bewirkt eine Temperaturerhöhung der Bombe, und es entsteht infolge der Temperaturdifferenz zwischen dem inneren und äußeren Rand der Konstantanscheiben eine Thermokraft gegen die Kupferdrähte, welche zu dem Voltmeter V führen. Innerhalb sehr weiter Grenzen hat sich die Thermokraft als proportional der Wärmemenge ergeben, die durch die Verbrennung erzeugt wird. Geeicht wird das Kalorimeter durch Beobachtung an Stoffen bekannter Verbrennungswärme. Für absolute Messungen ist das Instrument wenig geeignet, da die Korrektion wegen der Wärmeverluste durch Strahlung, Leitung und Konvektion schwer bestimmbar ist. *Hng.*

Bücherbesprechungen.

S. Riefler, Tabellen der Luftgewichte γ_t^b, der Druckäquivalente β_t^b und der Gravitation g. 4°. IV u. 102 S. Berlin, Julius Springer 1912. Geb. in Leinw. 6 M.

Das Bestreben, die Präzision seiner Uhren möglichst zu steigern, hat den Verf. hier wieder zu einer wissenschaftlichen Arbeit zur Herstellung physikalischer Tabellen veranlaßt, die gewiß manchem Gelehrten und manchem Praktiker recht erwünscht sind.

Das Werk gibt in der Haupttabelle V für die Temperaturen von $-1°$ bis $+36°$ und für die Luftdrucke von 380 bis 790 *mm* — bei den Temperaturen von Grad zu Grad und bei den Luftdrucken anfangs von 10 zu 10 *mm*, von 680 *mm* an aber in Intervallen von 1 *mm* — sowohl für trockene, wie für 50% Feuchtigkeit haltende Luft die Werte für das Gewicht eines Liters Luft und die vom Verfasser als „Druckäquivalente der Temperatur" bezeichneten Werte, welche besagen, um wie viel Millimeter Quecksilber man den Druck vermindern muß, damit das Gewicht der Volumeinheit Luft sich um gleich viel ändert wie durch eine Temperaturerhöhung um 1°.

Der den Tafeln zugrunde liegende Wert 1293,21 *mg* für das Gewicht eines Liters trockener, kohlensäurefreier Luft bei 0° und 760 *mm* Barometerstand gilt selbstverständlich

nur für den Ort seiner experimentellen Bestimmung (Paris) und noch solche Orte, welche dieselbe Beschleunigung der Schwere g wie Paris haben. Infolgedessen sind die Tabellenwerte natürlich zunächst auch nur für Paris gültig. Zur Reduktion auf andere Orte und auf einen anderen Feuchtigkeitsgehalt der Luft dienen die Tabellen I, VI und VII und die vom Verfasser angegebenen und erläuterten Formeln. In der letzten Werte-Spalte von Tabelle VI ist versehentlich das falsche Vorzeichen gesetzt, wie man bei nicht ganz gedankenlosem Gebrauch übrigens sofort erkennen wird.

Die mit Dezimalstellen etwas luxuriös ausgestatteten Tabellen III und IV, welche die „Interpolationsfaktoren für die Haupttabelle V" geben, sollen in erster Linie dem Leser einen vollen Einblick in die Entstehung der Haupttabelle liefern; allerdings können sie auch zur direkten Berechnung der Luftgewichte γ und der Druckäquivalente β benutzt werden, doch wird man vorziehen, diese Werte durch Interpolation aus Tabelle V zu entnehmen. Die in Tabelle II angegebene Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes für die Temperaturen von -2^0 bis $+37^0$ wird bei Berechnung der Tabelle IV gebraucht. Für 331 Erdorte, insbesondere diejenigen, an denen sich naturwissenschaftliche Institute befinden, sind gleich die Reduktionsfaktoren angegeben, und bei dieser Gelegenheit auch noch die geographische Länge und Breite, die Höhe über dem Meer, die Beschleunigung der Schwere, bezogen auf das Potsdamer Schweresystem mit Beifügung des Bestimmungsjahres, ferner die daselbst herrschende Schwere-Anomalie und die Dichte der dort über dem Meeresniveau lagernden Erdmassen.

Infolge des Umstandes, daß das Gewicht der Luft mit normalem Kohlensäuregehalt in München bis auf das Hundertstel des Milligramms genau gleich ist dem Gewicht der kohlensäurefreien Luft in Paris, sind die Werte der Haupttabelle V ohne weiteres auch für München — hier also für kohlensäurehaltige Luft — gültig.

Hervorhebung verdienen die klaren Ausführungen über die Bestimmung der Grundwerte und über die Berechnung der Tabellen.

Physiker, Chemiker und manche andere Forscher werden gewiß oft in die Lage kommen, von den Tabellen Gebrauch zu machen. So wird, um nur ein Beispiel anzuführen, der Astronom bei der Prüfung des luftdichten Verschlusses seiner Präzisionsuhr sich mit Vorteil der „Druckäquivalente der Temperatur" bedienen, denn sie geben ohne weiteres an, wie viel der Druck im Gehäuse bei Erhöhung der Temperatur um 1^0 steigen muß.

Der Text des Werkes ist in drei Sprachen — deutsch, französisch und englisch — abgefaßt. —

Nach Niederschrift des obigen Referates erhalte ich die Nachricht vom Ableben des Verfassers. So würde das Tabellenwerk seine letzte wissenschaftliche Leistung gewesen sein, wenn nicht die von ihm beabsichtigte Publikation, von der er in der Einleitung spricht und in welcher er zeigen wollte, daß eine Änderung des Gewichtes der das Uhrpendel umgebenden Luft um 1 *mg* pro Liter eine Änderung des täglichen Uhrganges von etwa 0,01 Sekunde hervorrufe, von ihm genügend vorbereitet ist, daß ihre Fertigstellung erfolgen kann. In dem Beiblatt dieser Zeitschrift[1]) ist dem Verstorbenen bereits ein warmer Nachruf gewidmet worden. Hier sei aber aufs neue darauf hingewiesen, daß die großen Erfolge, die der Verstorbene erzielt hat, aus der Verbindung reichen theoretischen Wissens und technischer Tüchtigkeit geflossen sind. Von dieser bei dem Verstorbenen in hohem Maße zu findenden gegenseitigen Durchdringung theoretischen und praktischen Könnens legt auch das mit so großer Sorgfalt durchgearbeitete Tabellenwerk ebenso wie seine früheren Publikationen ein beredtes Zeugnis ab.

Jena. *Otto Knopf.*

[1]) *Deutsche Mech.-Ztg. S. 227. 1912.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

XXXIII. Jahrgang. **März 1913.** Drittes Heft.

Apparat zur Bestimmung thermischer Ausdehnungskoeffizienten bei höheren Temperaturen.

Von

A. Leman und **A. Werner** in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Der in den Tätigkeitsberichten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für 1909 u. 1910 (*diese Zeitschr.* ***30.*** *S. 141. 1910* und ***31.*** *S. 149. 1911*) kurz erwähnte Apparat ist für die Untersuchung von Probekörpern von rd. 102 *mm* Länge bestimmt und besitzt die im folgenden beschriebene Einrichtung:

In einer etwa 10 *mm* starken Eisenplatte *P* (Fig. 1) ist ein von der Firma J. C. Heraeus in Hanau aus einer 7 *mm* dicken zylindrischen Stange aus Quarzglas bügelartig geformter Körper *Q* in der aus der Figur ersichtlichen Weise so befestigt, daß er zwar ohne merkliche Spannung gehalten wird, aber außer in seiner Längsrichtung keine freie Beweglichkeit hat. Der Probekörper *K*, dessen Querschnittsabmessungen nach einer Richtung hin 10 *mm* nicht wesentlich überschreiten dürfen, damit er zwischen den Schenkeln des Bügels *Q* bequem Platz findet, sonst aber ganz beliebige Form haben kann, wird an beiden Endflächen mit einer 2 *mm* weiten Einbohrung versehen. Mittels des Randes der Bohrung am unteren Ende ruht er auf einer an *Q* angeschmolzenen, kegelförmig geschliffenen Warze. In etwa 12 *cm* Abstand von dem unteren Ende des Bügels *Q* ist zwischen den Schenkeln des letzteren ein Ring eingeschmolzen. In diesem und einer Bohrung der Platte *P* hat der gut zylindrische, an seinem unteren Ende ebenfalls keglig geschliffene Quarzglasstift *S* Führung, welcher in die obere Bohrung des Probekörpers *K* eingreift und diesen dadurch in Lage erhält. Die über den Stift *S* geschobene kräftige Feder drückt einerseits den Stift auf den Probekörper nieder und sichert anderseits unter Vermittelung des letzteren auch die gute Auflage des nicht besonders schweren Quarzglasbügels *Q* an seiner Unterstützung in der Platte *P*. — Von einer festen Verkittung des Bügels *Q* in *P* sollte wegen der großen Zerbrechlichkeit des Quarzglases Abstand genommen werden. —

Mittels der Platte *P* ruht der Apparat auf der oberen durchbrochenen Decke eines im ganzen zylindrisch gestalteten, mit Asbestpappe umkleideten Siedegefäßes aus Kupferblech mit Rückflußkühler, welches mit den den zu erreichenden Temperaturen entsprechenden Siedeflüssigkeiten beschickt und durch Bunsenbrenner geheizt wird. Die Siedetemperaturen dieser Flüssigkeiten sind natürlich nur bei gleichbleibendem Atmosphärendruck konstant, wechseln daher etwas mit dem Barometerstande. Da aber das Gesetz der Abhängigkeit außer für Wasser nicht näher bekannt ist, so können die Flüssigkeiten nicht unmittelbar als Indikatoren der Temperaturen, sondern nur

zu deren Konstanthaltung dienen. Zur sicheren Bestimmung derselben ist die Ablesung eines Thermometers, welches durch das Loch L in der Platte P eingeführt ist, unerläßlich.

Eine der Platte P untergelegte Scheibe von Asbestpappe verhindert hinreichend das Entweichen der zum Teil gesundheitsschädlichen Dämpfe; übrigens steht nichts im Wege, das Ganze in einem Digestorium unterzubringen, wie es auch tatsächlich bei den in der Reichsanstalt ausgeführten Arbeiten geschehen ist.

Die Unterstützungsstellen der beiden Knöpfe an dem Bügel Q liegen in der Ebene der Oberseite von P; nahezu in derselben Ebene befindet sich auch die gut eben und senkrecht zur Achse geschliffene und fein polierte obere Endfläche des Stiftes S. Daher kommen die bei den Erwärmungen auftretenden relativen Verlängerungen des Probekörpers K in den Verschiebungen der Endfläche des Stiftes S gegen die obere Fläche von P rein zum Ausdruck, ohne durch die eigene Ausdehnung von P beeinflußt zu werden.

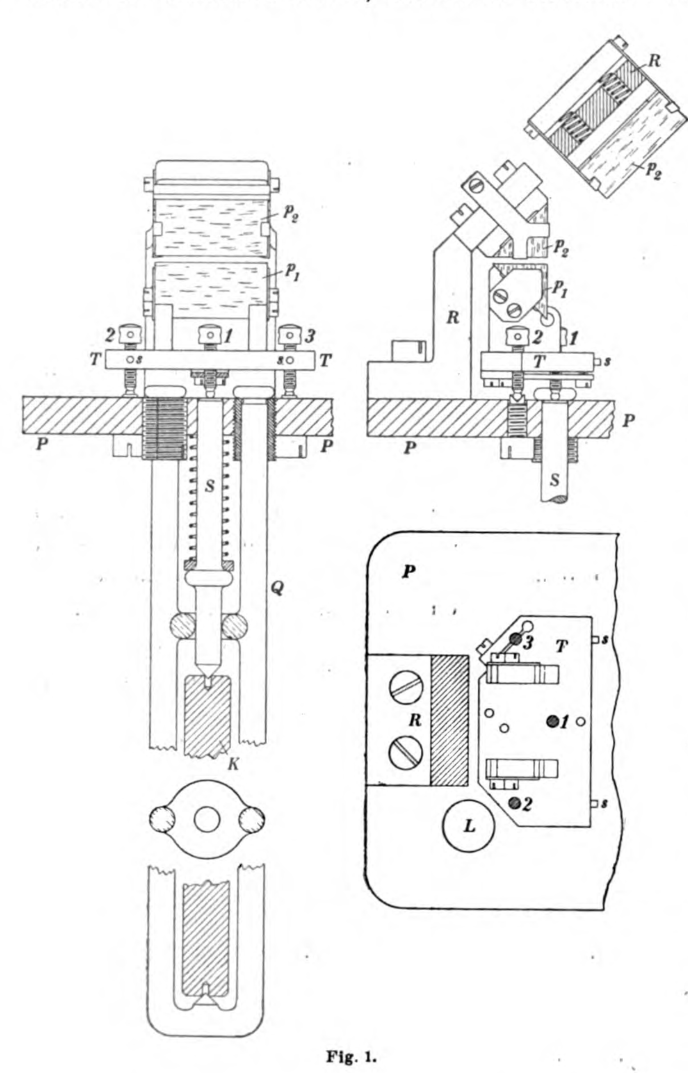


Fig. 1.

Zur Messung dieser, trotz des großen Temperaturintervalles doch immerhin ziemlich kleinen, Verschiebungen ist die der unmittelbaren Beobachtung mittels Schraubenmikroskopes weit überlegene und im vorliegenden Falle in Ansehung der äußeren Umstände auch viel bequemere Spiegelablesungsmethode gewählt worden, doch mußte dabei aus verschiedenen Gründen zu der von L. Weber angegebenen und in einem Artikel in *dieser Zeitschr.* **6.** *S. 299. 1886* von H. Langner näher behandelten Form derselben mittels Doppelspiegels gegriffen werden. Einerseits vermag ja nämlich die Aufstellung des ganzen Apparates keine Gewähr für Unveränderlichkeit zu bieten, und es würden bei Anwendung eines einfachen Spiegels kleine, durch ungleichmäßige Formänderungen des Siedegefäßes hervorgerufene Drehungen leicht erhebliche Verfälschungen der Ablesungen mit sich bringen können. Anderseits würde das beständige Zittern des Skalenbildes, das durch die beim Erwärmen entstehenden Luftschlieren hervorgebracht wird, die Sicherheit der Ablesungen stark beeinträchtigen, ein Übelstand, dem allerdings durch passend angeordnete Schirme oder auch durch eine Blasvorrichtung

mehr oder weniger wirksam begegnet werden könnte. Die Anordnung Webers besitzt dem einfachen Spiegel gegenüber den Vorzug, die Beobachtungen von den Einflüssen unkontrollierbarer Veränderungen in der Aufstellung der Skale, des Fernrohres und des Spiegels frei zu machen, so wie auch die Empfindlichkeit gegen das Zittern der Bilder theoretisch ganz zu eliminieren, praktisch wenigstens sehr herabzusetzen.

Das Tischchen T ruht mit dem einen seiner drei Füße *1*, *2*, *3*, welche durch Schräubchen gebildet werden, die in kleinen Kugeln enden, auf der Endfläche des Stiftes S, mit den beiden anderen einerseits in einem trichterartigen Gesenk, anderseits in einer kurzen V-förmigen Rinne (die Art, wie diese mit der Platte P in unveränderlicher Verbindung stehen, ist aus Fig. 1 ersichtlich), dreht sich also bei Lageänderungen der Endfläche des Stiftes S um die Verbindungslinie der Kugeln *2* und *3* als festliegende Achse. Auf dem Tischchen T ist in einem passenden Stuhl das rechtwinklig-gleichschenklige Prisma p_1 zwangfrei gelagert und durch zwei federnde Zungen an seitlichem Herausgleiten gehindert. Ein zweites ganz gleiches Prisma wird durch einen Bügel mittels zweier Federn an dem mit der Platte P fest verschraubten Ständer R gehalten. Der Zwischenraum zwischen den beiden horizontalen Kathetenflächen ist in der Figur der Deutlichkeit wegen etwas zu groß gezeichnet; er kann durch weiteres Eindrehen der drei Fußschrauben bis auf weniger als 1 *mm* verkleinert werden, ohne daß die beiden oberen Kanten des Prismas p_1 bei den hier in Betracht kommenden Drehungen auch nur an die sehr dünnen Zungen anstoßen, welche das Prisma p_2 fassen.

Beim Wechsel der Probekörper muß das Tischchen T entfernt werden, was, wie leicht einzusehen, bei so enger Zusammenstellung der beiden Kathetenflächen nicht möglich sein würde. Es genügt aber, dazu das Schräubchen *3*, welches mit seiner Kugel in dem Trichter ruht, so weit zurückzudrehen, daß es in der Richtung der Drehachse über den Rand des Trichters hinweggeschoben werden kann. Dabe gleitet auch die Kugel des Schräubchens *2*, das nicht verstellt zu werden braucht, aus seiner Rinne. Darauf kann das Tischchen leicht in der Richtung quer zur Drehachse herausgezogen werden. Das Schräubchen *3* muß deshalb häufig hin- und zurückgedreht werden und würde deshalb in Gefahr kommen, allmählich in seinem Gewinde locker zu werden. Gleiches gilt auch aus später ersichtlichem Grunde für das Schräubchen *1*. Da aber der Abstand des letzteren von der durch die beiden anderen gegebenen Drehachse die Konstante des Apparates bildet, so sind die Schräubchen *1* und *3* mit Gangregulierung versehen. Um den Wert r dieser Konstante bequem bestimmen zu können, sind in die vordere Seite der Platte des Tischchens die beiden kurzen Stifte s eingesetzt, von denen der eine etwas weiter hervorragt als der andere. Wird das Tischchen auf eine zart berußte Glasplatte gesetzt und mittels der beiden Stifte an einem Lineale entlanggleiten gelassen, so schreiben die drei Kugelscheitel drei parallele gerade Linien von genügender Feinheit, um die Abstände derselben voneinander auf dem Komparator mit hinreichender Sicherheit messen zu können. Setzt man der Allgemeingültigkeit wegen nicht voraus, daß das durch die drei Kugelmittelpunkte gegebene Dreieck gleichschenklig ist, so folgt aus Figur 2

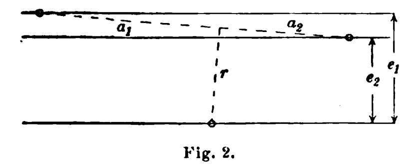


Fig. 2.

$$\left.\begin{aligned} \sin\alpha &= \frac{e_1 - e_2}{a_1 + a_2}, \\ r\cos\alpha &= \frac{1}{2}(e_1 + e_2) - \frac{1}{2}(a_1 - a_2)\sin\alpha, \end{aligned}\right| \qquad 1)$$

daher, wenn a klein ist,

$$r = \frac{1}{2}(e_1 + e_2). \qquad 2)$$

Liegen die drei Kugelmittelpunkte in einer zur Achsenrichtung des Stiftes S senkrechten, also stets nahe horizontalen Ebene, so möge der Winkel zwischen den beiden als Spiegel wirkenden Hypotenusenflächen der beiden Prismen mittels der Schraube *1* auf genau 90° justiert gedacht sein. Es entstehen dann von einer in der Entfernung R von der Schnittlinie der Spiegel vertikal stehenden Skale zwei Bilder, die sich in ihrer ganzen Ausdehnung räumlich decken, von denen aber ein in die Spiegel blickendes Auge jeweils nur den von dem Gesichtsfelde jeder der Spiegel begrenzten Teil sehen kann. Die beiden in dem oberen und unteren Spiegel sichtbaren Teile der beiden Bilder schließen sich dann an der Schnittlinie der Spiegel so aneinander an, daß sie sich gegenseitig zu einem einzigen Bilde der Skale ergänzen.

Bei einer Aufwärtsbewegung der Endfläche des Stiftes S um die Größe h verkleinert sich der Winkel zwischen den beiden Spiegeln um den Betrag ε, wo

$$\sin \varepsilon = \frac{h}{r}. \qquad 3)$$

Dabei rücken die an der gleichen Bezifferung erkennbaren Bilder desselben Striches der Skale auseinander, und es ist, wenn ihr Abstand, gemessen im Kreisbogen mit dem Radius R, den Wert a annimmt,

$$\frac{a}{2\pi R} = 4\varepsilon. \qquad 4)$$

Der Betrag a würde, wenn die Skale selbst nach dem Radius R gekrümmt wäre, durch unmittelbares Abzählen der zwischen den beiden Bildern desselben Striches enthaltenen Skalenpartes unter Abschätzung des Abstandes zwischen den beiden die Schnittlinie der Spiegel einschließenden Strichen zu erhalten sein, und zwar unabhängig von der Stellung des beobachtenden Auges. Wird jedoch, wie es aus Zweckmäßigkeitsgründen geboten ist, eine geradlinige Skale verwendet, so liegen die Verhältnisse etwas verwickelter. Sind (Fig. 3) A_1 und A_2 die beiden Bilder desselben Striches, so übersieht ein in O befindliches Auge das Bild der Skale im oberen Spiegel bis zum Punkte B_1, das im unteren bis B_2, und es ist, wenn ϑ den Winkel bezeichnet, den die Sehrichtung mit der Halbierungslinie des Winkels $90^0 \pm \varepsilon$ zwischen den beiden Spiegeln bildet,

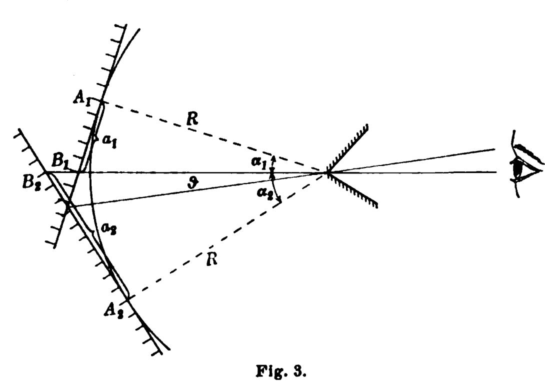


Fig. 3.

$$\frac{a_1}{R} = \operatorname{tg}(2\varepsilon + \vartheta),$$

$$\frac{a_2}{R} = \operatorname{tg}(2\varepsilon - \vartheta),$$

daher, wenn $a_1 + a_2 = s$ gesetzt wird,

$$\frac{s}{R} = \frac{2 \sin 4\varepsilon}{\cos 4\varepsilon + \cos 2\vartheta}. \qquad 5)$$

Aus 3) und 5) folgt dann

$$\frac{h}{r} = \frac{s}{4R} \cdot \frac{\cos^2 2\varepsilon - \sin^2 \vartheta}{\cos\varepsilon \cos 2\varepsilon}. \qquad 6)$$

Wird dem Auge eine solche Stellung erteilt, daß für $\varepsilon = 0$ auch $\vartheta = 0$ ist, und diese Stellung dann festgehalten, so wird für jeden anderen Wert von ε, da der obere der beiden Spiegel feststeht und nur der untere um ε gedreht ist, $\vartheta = \frac{1}{2}\varepsilon$, also

$$\frac{h}{r} = \frac{s}{4R} \cdot \frac{\cos^2 2\varepsilon - \sin^2 \frac{1}{2}\varepsilon}{\cos\varepsilon \cos 2\varepsilon}. \qquad 7)$$

oder, indem man den Bruch nach Potenzen von $\sin^2 \frac{1}{2}\varepsilon$ entwickelt, den geringen Unterschied zwischen $\sin^2 \frac{1}{2}\varepsilon$ und $\operatorname{tg}^2 \frac{1}{2}\varepsilon$ einerseits und von $\operatorname{tg} \frac{1}{2}\varepsilon$ und $\frac{1}{4}\operatorname{tg} 2\varepsilon$ anderseits vernachlässigt, mit einer für alle praktischen Fälle ausreichenden Annäherung

$$\frac{h}{r} = \frac{s}{4R}\left(1 - \frac{7}{4}\left(\frac{s}{4R}\right)^2\right). \qquad 8)$$

Werden die beiden Bilder der Skale mit bloßem Auge betrachtet, so macht der Spalt zwischen den beiden Prismen die Abschätzung des Abstandes der beiden ihm nach oben und unten unmittelbar benachbarten Skalenstriche voneinander schwierig und unsicher. Bei Beobachtung mittels Fernrohres fällt dieser Übelstand weg; der Spalt selbst wird ganz unerkennbar; an seiner Stelle zieht sich durch das Gesichtsfeld nur ein horizontaler Streifen von etwas verminderter Helligkeit. Je näher das Objektiv an die Prismen herangebracht werden kann, um so breiter wird dieser Streifen und um so geringer die in ihm herrschende Helligkeitsverminderung. Bei dem Ablesefernrohr, welches zu den in der Reichsanstalt ausgeführten Beobachtungen diente, dessen Objektiv bei 40 *mm* Öffnung 300 *mm* Brennweite besitzt, ist bei einem Abstand von rund 1 *m* zwischen Objektiv und Prismen der lichtschwächere Streifen kaum noch bemerklich.

Die beiden Bilder der Skale erscheinen dann auch nicht mehr, wie dem bloßen Auge, an der Grenze der Spiegel scharf abgeschnitten, sondern überdecken sich unter allmählichem Abblassen der Striche gegenseitig in einer gewissen, mit der Öffnung des Objektivs und dessen Annäherung an die Prismen wachsenden Breite; ein Umstand, der zwar stets als etwas störend empfunden wird, anderseits aber auch, nachdem sich der Beobachter erst einmal daran gewöhnt hat, zur Erhöhung der Schärfe der Schätzung ausgenutzt werden kann.

Diese Erscheinung läßt sich aber in anderer Weise noch weit vorteilhafter verwerten. Die für die Beobachtungen in der Reichsanstalt benutzte Ableseskale hat die aus Fig. 4 ersichtliche Einrichtung erhalten. Statt der bei gewöhnlichen Spiegelablesungen gebräuchlichen, von einem zum anderen Ende fortlaufenden Bezifferung der Skalenstriche ist hier eine von dem in der Mitte gelegenen Nullstriche nach beiden Seiten hin fortschreitende gewählt worden. In den beiden Hälften sind die Teilstriche in verschiedenem Sinne einseitig nur bis zu der (nicht ausgezogenen) Halbierungslinie der Skalenbreite herangeführt und dementsprechend auch die Ziffern angeordnet.

Bei der Vorbereitung einer Beobachtungsreihe läßt es sich durch die Regulierung der Höhenlage des Fernrohres und der Skale gegenüber dem Prismenpaar so einrichten, daß für $\varepsilon = 0$ die beiden sich deckenden Bilder des Nullstriches der Skale nahezu in der Mitte des Gesichtsfeldes liegen. Rücken dann, indem ε einen von Null verschiedenen Wert annimmt, die beiden Bilder des Nullstriches auseinander, so begegnen sich jederzeit, gleichgültig, ob der Wert von ε positiv oder negativ ist, im

Gesichtsfelde die Bilder je zweier, den beiden verschiedenen Hälften der Skale angehörender, gleichweit vom Nullstriche entfernter Striche, und zwar so, daß sie sich nicht mehr, wie bei einer einfachen Skale, in störender Weise gegenseitig überlagern, sondern einander nur gegenüberstehen. Befände sich nun im Gesichtsfelde ein Horizontalfaden, so würde offenbar die Summe der Ablesungen an den beiden Skalenbildern den Abstand *s* der beiden Bilder des Nullstriches voneinander ergeben. Da aber dabei die Stelle, wo sich der Horizontalfaden befindet, ganz gleichgültig wäre, so bedarf es des letzteren überhaupt gar nicht; man erhält dieselbe Summe, und zwar noch einfacher, indem man den Ort eines beliebigen Striches des einen Skalenbildes am anderen Skalenbilde durch Schätzung abliest und diese Ablesung um die Nummer des benutzten Striches vermehrt (vgl. Fig. 5).

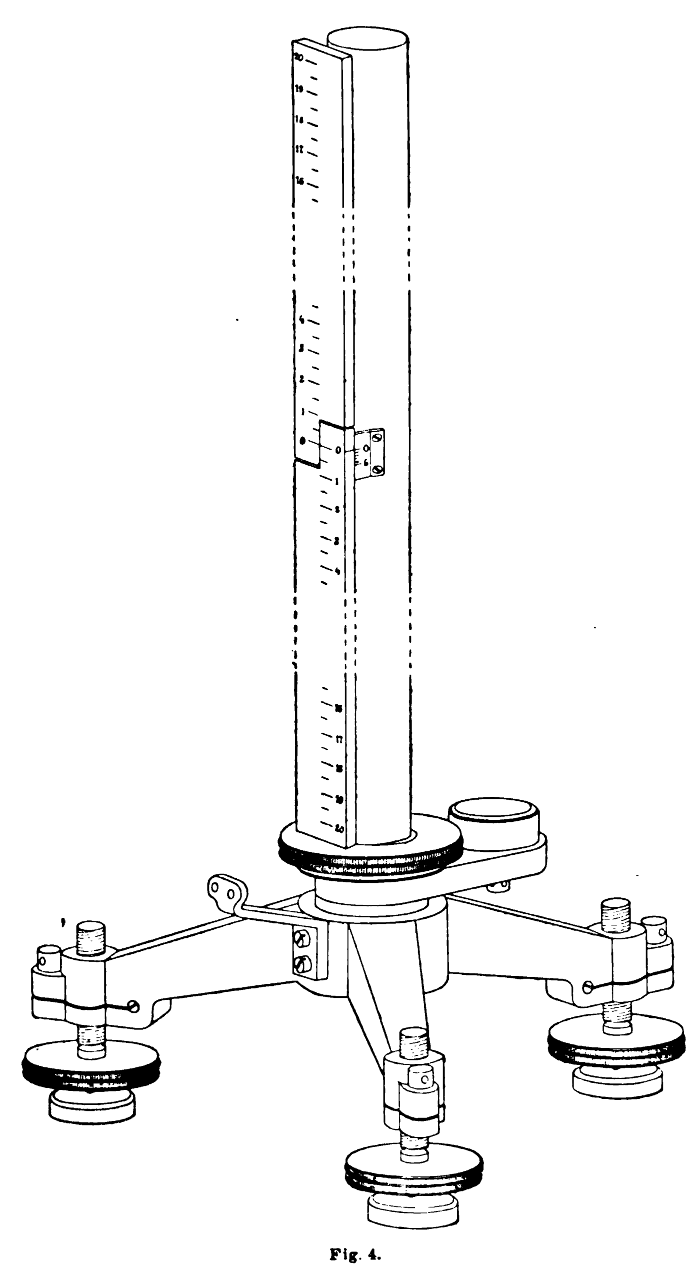


Fig. 4.

Die Skale ist nur nach Intervallen von 5 *mm* eingeteilt und würde deshalb sichere Schätzung auch nur auf 0,5 *mm* zulassen, die indessen bei der aus anderen Gründen gewählten Art der Bezifferung Unbequemlichkeiten mit sich bringen würde. In den Beispielen der Fig. 5 ist deshalb der Deutlichkeit wegen nur eine Schätzung auf ganze Millimeter berücksichtigt. Sollten wirklich Halbmillimeter geschätzt werden, so wäre natürlich eine fortlaufende, nicht intermittierende Zählung der Teilstriche vorzuziehen gewesen. Eine weitere Verfeinerung der Schätzung wäre nur durch Verkleinerung des Teilungsintervalles zu erzielen. Damit kann aber einerseits mit Rücksicht auf die Vergrößerungszahl des Fernrohres nicht unter eine gewisse Grenze herabgegangen werden, andererseits führt sie wegen der großen Anzahl der dann gleichzeitig im Gesichtsfelde sichtbaren Striche leicht zu Irrtümern bei der Ablesung. Bei der in Fig. 4 dargestellten Einrichtung der Skale wird der gleiche Zweck auf

anderem Wege erreicht, welcher die genannten Übelstände vermeidet. Die Skale ist durch einen den Nullstrich durchsetzenden ⌐-förmigen Schnitt in zwei selbständige Hälften zerlegt, deren untere an der Tragsäule, die obere dagegen an einem die letztere umgebenden Rohre befestigt ist, welches durch Drehen der oberhalb des Dreifußes sichtbaren Scheibe auf- und abbewegt werden kann. Die beiden Teile der Skale lassen sich hierdurch bis zum Betrage eines Teilungsintervalles, also 5 *mm*, auseinanderschieben; der Abstand zwischen den beiden Nullstrichen der oberen und unteren Hälfte kann an der mit dem beweglichen Teile verbundenen Millimeterteilung bis auf 0,1 *mm* zuverlässig abgelesen werden. Bei dem Auseinanderschieben werden auch die Bilder der beiden Skalenhälften gegeneinander bewegt, und es können daher stets, wie in dem ersten und dritten Beispiele der Fig. 5, je zwei der

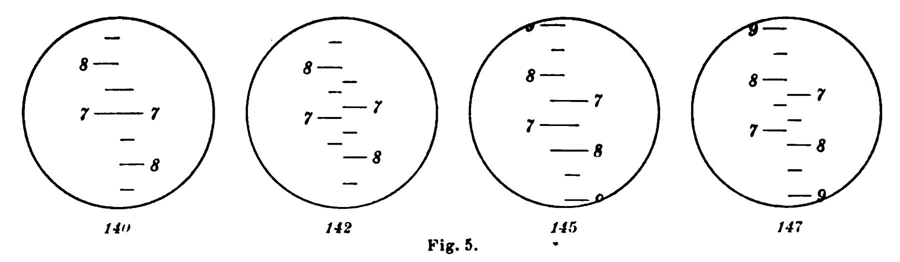


Fig. 5.

einander gegenüberstehenden Teilstriche aufeinander eingestellt werden. Dann gibt die Summe der Nummern dieser beiden miteinander koinzidierenden Striche (in der Regel sind mehrere Paare davon vorhanden), vermehrt um den an der kleinen Hilfsskale abgelesenen Betrag, den Abstand der beiden Bilder einer irgendwo zwischen den beiden Nullstrichen gedachten Horizontallinie voneinander, d. h. die gesuchte Grösse s. Auf diese Weise wird die unmittelbare Schätzung im Gesichtsfelde beseitigt; an ihre Stelle tritt die, von der Größe des in letzterem erscheinenden Teilungsintervalles unabhängige, an der Hilfsteilung mit einer sich in allen Fällen gleichbleibenden Zuverlässigkeit von mindestens 0,1 *mm*.

Das neue Beobachtungsverfahren bringt allerdings eine kleine Umständlichkeit mit sich. Da die Entfernung der Skale von den Prismen im allgemeinen viel größer ist als die des Fernrohres, so kann der Beobachter an letzterem die Einstellung an ersterer nicht ohne weiteres ausführen, sondern muß sich dazu entweder eines Gehilfen oder eines um die unter der Einstellscheibe sichtbaren Schnurscheibe geführten Schnurzuges bedienen. Dieser kleinen Unzuträglichkeit steht aber der Vorteil gegenüber, daß das Verfahren außer der großen Bequemlichkeit bei den Fernrohrbeobachtungen und der Sicherheit, mit welcher alle Irrtümer bei der Ablesung ausgeschlossen werden, auch noch geeignet ist, die Leistungsfähigkeit dieser Beobachtungsmethode wesentlich zu steigern, wie folgende Überlegung lehrt.

Die Parslänge p einer Skale, deren Bilder in der Entfernung E vom Objektiv des Ablesefernrohres liegen, erscheint bei der Vergrößerung v des letzteren im Gesichtsfelde unter einem Sehwinkel α, dessen Wert folgt aus

$$\operatorname{tg} \alpha = v \frac{p}{E}. \qquad 9)$$

Sollen Zehntel eines Pars noch mit Sicherheit geschätzt werden können, so darf erfahrungsmäßig α nicht unter 15 Minuten betragen. Hieraus ergibt sich die Grenze des mit einem Ablesefernrohr von gegebener Vergrößerungszahl überhaupt Erreichbaren. Für z. B. $v = 10$ dürfte nach 9) E nicht größer gewählt werden als rund 2300 p. Nun ist R in Formel 8) um den Abstand A des Objektivs von der Schnitt-

linie der beiden Spiegel kleiner als E. Aber, selbst wenn man diesen doch im vorliegenden Falle der äußeren Umstände wegen nicht ganz kleinen Abstand A ganz außer acht lassen, also $R = E$ annehmen wollte, so würde, da die Konstante r des Apparates 10 *mm* beträgt, nach 8) das Vergrößerungsverhältnis s/h nicht über rund 900 steigen, also einer Zunahme von h um 1 μ nur eine Zunahme von s um 0,9 *mm* entsprechen. Da die Schätzungsunsicherheit nicht unter 0,1 p beträgt, so würde also die absolute Unsicherheit von h sich nicht unter 0,11 μ herabdrücken lassen. Für den vorliegenden Zweck würde das ja freilich noch gerade etwa ausreichend sein, da dieser Betrag bei einem Probekörper aus Stahl von 100 *mm* Länge einer Temperaturunsicherheit von 0,1° entspricht. Immerhin aber erscheint eine Steigerung des Vergrößerungsverhältnisses doch nicht unerwünscht.

Tritt an Stelle der unmittelbaren Schätzung im Gesichtsfelde die Einstellung der beiden Strichbilder aufeinander, so ist die größte zulässige Entfernung E nicht mehr abhängig von der Parslänge p, sondern von der Bedingung, daß die Unsicherheit dieser Einstellung nicht größer sein darf, als diejenige der Ablesung an der Hilfsskale, die ja mit 0,1 *mm* gegeben ist. Diese Größe erscheint im Gesichtsfelde unter einem Sehwinkel α', für den

$$\operatorname{tg} \alpha' = v \frac{0{,}1}{E} \, mm. \qquad 10)$$

Die Unsicherheit der Einstellung zweier nicht zu starker wirklicher Striche aufeinander, wie bei der Ablesung eines Nonius, erscheint dem Auge unter einem Sehwinkel, der erfahrungsmäßig kaum den Betrag von 1 Minute erreicht, und dürfte auch für die Fernrohrbilder von Strichen, falls dieselben nur hinreichend scharf und gut beleuchtet sind, nicht größer sein. Hieraus ergibt sich, wieder für $v = 10$,

$$E = 3433 \, mm,$$

und wenn man, jetzt unter Berücksichtigung des Abstandes A, die Entfernung R mit rund 3 *m* ansetzt,

$$\frac{s}{h} = 1200,$$

also die absolute Unsicherheit von h zu nur 0,08 μ.

Bei den Beobachtungen in der Reichsanstalt kam der zuletzt besprochene Vorteil allerdings nicht zur vollen Ausnutzung. Das Ablesefernrohr besitzt verschiedene auswechselbare Okulare, und es zeigte sich, daß bei genügender Helligkeit der Bilder noch gut eine 20fache Vergrößerung anwendbar war, bei der schon die unmittelbare Schätzung im Gesichtsfelde für s/h einen hinreichend hohen Wert zu erlangen gestattet haben würde. Es wurde bislang stets mit einer Entfernung R von rd. 4 *m*, also einem Vergrößerungsverhältnis von rd. 1600 gearbeitet. Für Probekörper aus Stahl mit dem Ausdehnungskoeffizienten $11 \cdot 10^{-6}$ würde bei dieser Entfernung bis zu 300° eine Skalenlänge von 25 *cm* ausreichen; für Zink mit dem Ausdehnungskoeffizienten $29 \cdot 10^{-6}$ müßte dagegen R auf 2,45 *m* eingeschränkt werden, um mit der vorhandenen Länge von 40 *cm* auszukommen.

Zur Vorbereitung einer Beobachtungsreihe wird in folgender Weise verfahren: Zunächst wird die Länge des Probekörpers, dessen mittlerer Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 300° ja immer näherungsweise bekannt ist, zwischen seinen ebenen und parallelen Endflächen so abgeglichen, daß sie bei dem Mittelwerte aus Zimmertemperatur und 300°, also rd. 160°, ziemlich genau 102 *mm* beträgt. Seine wirksame Länge ist dann mit Rücksicht auf die bei der Erwärmung eintretende Erweiterung der Bohrungen, da die beiden kegelförmigen Spitzen, welche in diese eingreifen, nach

einem Winkel von 90° geschliffen sind, um den Durchmesser der Bohrungen geringer, also nahezu gleich 100 *mm*. Zugleich würde nach dem Einfügen des Probekörpers in den Apparat die Endfläche des Stiftes *S* in Fig. 1, dessen Länge dementsprechend abgeglichen ist, bei rd. 160° mit der Ebene der Oberseite der Platte *P* zusammenfallen. Nachdem dann der Apparat in das Siedegefäß eingesetzt ist, werden zunächst, um die Bedingungen, unter denen die Formel 8) gilt, mit hinreichender Annäherung zu erfüllen, durch rohe Vergleichung mit dem Fußboden mittels eines Lotes, Schnittlinie der Spiegelflächen, Nullpunkt der Skale und Achse des Fernrohres in nahezu horizontale Ebene gebracht, und die Skale mittels der daran befindlichen (justierbaren) Dosenlibelle, deren Halter gleichzeitig als Handgriff zum Drehen der Tragsäule der Skale auf dem feststehenden Dreifuß dient, vertikal gestellt. Bei der während der Vorbereitungen herrschenden Zimmertemperatur liegt infolge der Abgleichung der Länge des Stiftes *S* dessen Endfläche um den Betrag der Ausdehnung des Probekörpers zwischen Zimmertemperatur und rd. 160° tiefer als die Ebene der Oberseite der Platte *P*, der Winkel zwischen den Spiegelflächen ist also größer als 90°. Mittels des näherungsweise bekannten Ausdehnungskoeffizienten des Probekörpers und der gemessenen Entfernung *R* der Skale von der Schnittlinie der Spiegelflächen unter Berücksichtigung der verkürzenden Wirkung der Prismen berechnet man die der Zimmertemperatur entsprechende Größe der Ablesung *s* und stellt diese durch Drehen der Fußschraube *1* des Tischchens *T* ungefähr her. Hierbei ist zu beachten, ob die Fußpunkte der aufeinander einzustellenden Striche genau zusammenfallen oder nicht. Sollten sie sich teilweise überschneiden oder eine Lücke zwischen sich lassen, was die Sicherheit der Einstellung merklich beeinträchtigt, so liegt das daran, daß die Schnittlinie der Spiegelflächen nicht hinreichend horizontal liegt. Diesem Fehler kann leicht durch verschiedene Mittel abgeholfen werden, entweder durch Änderung an der Asbestpappenunterlage der Platte *P* oder Einschieben eines Keiles unter einen der drei Füße des Siedegefäßes, endlich auch, und zwar am bequemsten dadurch, daß man der Skale in ihrer Ebene durch ihre Dreifußschrauben eine entsprechende Abweichung von der Vertikalen erteilt.

Wird darauf das Tischchen durch Eindrehen der Fußschraube *1* oder noch bequemer durch Einschieben eines dünnen Blech- oder Kartonstreifens etwas um die Drehachse nach hinten gekippt, so werden die Ablesungen zunächst kleiner, gehen durch Null und nehmen darauf wieder zu, bis die Länge der Skale erschöpft ist. Dabei kann es eintreten, daß die Fußpunkte der Striche wieder auseinanderweichen. Diese Erscheinung hat dann ihren Grund darin, daß die Schnittlinie der Spiegelflächen nicht parallel zur Drehachse des Tischchens liegt. Die Abweichung ist, allerdings nur in vertikalem Sinne, durch Justieren an dem Fußschräubchen *3* zu beseitigen; in horizontalem Sinne ist sie schon von selbst klein genug.

Das Beobachtungsverfahren, wie es hier zur Anwendung gelangt, hat als einzige, aber streng zu erfüllende Voraussetzung, daß das mit der Grundplatte *P* verbundene Prisma während einer Versuchsreihe seine relative Lage zu ersterer unverändert beibehält. Bei der gedrungenen Form des dasselbe tragenden Ständers *R*, einem Schmiedestück, und dessen solider Verschraubung mit der Platte *P* erschien eine Lageveränderung des Prismas von vornherein wenig wahrscheinlich. Da sich jedoch trotz guter Wärmeisolation die Platte und der Ständer nicht unerheblich erwärmten, so wurde eine zuverlässige Kontrolle dadurch herbeigeführt, daß zwischen die Spitzen des Apparates an Stelle des Probekörpers zunächst ein mit gleichen Bohrungen versehener Quarzstift, also ein Körper aus dem gleichen Material wie der Quarzglas-

bügel, gebracht, und dessen Verhalten bei Erwärmung auf 300° C beobachtet wurde. Relative Drehungen der beiden Prismen gegeneinander waren dabei nicht zu bemerken.

Der mittlere lineare Ausdehnungskoeffizient des Quarzglases zwischen 0 und t^0 für das Intervall 0 bis + 50° C wird nun nach C. Kaye (*Proc. Roy. Soc. London* **85**. *S. 430. 1911*) dargestellt durch die Gleichung

$$\beta_t = (0{,}39 + 0{,}0012\, t)\, 10^{-6}\ .$$

Für das Intervall 16 bis 80° C berechnet sich als mittlerer Ausdehnungskoeffizient aus den gut übereinstimmenden Resultaten von Randall, Chappuis und Scheel der Wert $0{,}46 \cdot 10^{-6}$, während für das Intervall 0 bis 1000° C nach den Untersuchungen von Callendar, Holborn und Henning, Randall nnd Minchin unter Außerachtlassung der zweifellos zu großen Angaben von Chatelier als wahrscheinlicher mittlerer Wert $0{,}53 \cdot 10^{-6}$ gefunden wird.

Der Quarzglasapparat hat sich bei mehrfacher Benutzung gut bewährt. Es wurden mittels desselben die Ausdehnungen einiger Proben von Stahl, von Nickelstahl verschiedenen Nickelgehaltes, von Messing, Bronze und Marmor bei höheren Temperaturen untersucht.

Bemerkenswert sind die bei Nickelstahlproben erhaltenen Ergebnisse. Die Ausdehnung E in Millimeter, welche 1 *m* des Materials der Probe erfährt, wenn es von 0 bis auf t^0 C erwärmt wird, läßt sich für alle vier Proben bis zur Grenze $t = 300^0$ C mit einer Unsicherheit von höchstens 1 % darstellen durch die Formel

$$E = \alpha \frac{t}{100} + \beta \left(\frac{t}{100}\right)^2 + \gamma \left(\frac{t}{100}\right)^3 ,$$

in welcher die Koeffizienten α, β und γ die in folgender Tabelle I enthaltenen Werte besitzen. Die beiden Proben von 25 % Nickelgehalt entstammen zwei verschiedenen Schmelzen.

Tabelle I.

Nickelgehalt	α	β	γ
5 %	+ 0,8740	+ 0,1540	— 0,0201
25	+ 1,3401	+ 0,2641	— 0,0398
25	+ 1,3280	+ 0,3367	— 0,0574
33	— 0,0033	— 0,0743	+ 0,0862

Aus der die Beobachtungen darstellenden Ausdehnungsformel berechnen sich die in nachstehender Tabelle II zusammengestellten Werte[1]) für E für die Temperaturen $t = 0^0, 50^0, 100^0 \ldots . 300^0$ C.

Tabelle II.

t Grad C	Ausdehnung eines Meter des Materials der Probe mit dem Nickelgehalt: 5 % mm	25 % mm	25 % mm	33 % mm
0	0,000	0,000	0,000	0,000
50	0,472	0,731	0,741	— 0,009
100	1,003	1,564	1,608	+ 0,009
150	1,589	2,471	2,556	0,119
200	2,203	3,418	3,545	0,386
250	2,833	4,378	4,527	0,876
300	3,465	5,322	5,464	1,651

[1]) Bereits mitgeteilt in *dieser Zeitschr.* **32.** *S. 155. 1912.*

Interessant ist das, übrigens bereits von Guillaume[1]) nachgewiesene, eigentümliche Verhalten der Legierung mit 33% Ni, welche zunächst eine Verkürzung erleidet, sich dann aber mit wachsender Temperatur relativ stark ausdehnt, so daß die Ausdehnung dieser Legierung, wenn man aus dem Gang der Beobachtungen auf das Verhalten bei noch höheren Temperaturen extrapolieren dürfte, bei etwa 500° C den gleichen Betrag erreichen würde, wie etwa die Legierung mit 25% Ni. Diese Probe von 33% Nickelgehalt verhielt sich auch sonst noch etwas unregelmäßig. Nach der ersten Erwärmung auf 100° C zeigte sie eine bleibende Verlängerung um etwa 0,002 *mm*, die auch noch nach der zweiten Erwärmung auf dieselbe Temperatur bestehen blieb, nach der dritten aber wieder verschwand. Bei den Erwärmungen auf 200° und 300° traten ähnliche Unregelmäßigkeiten nicht mehr hervor.

Die an Marmor gewonnenen vorläufigen Ergebnisse sind bereits früher mitgeteilt, (*diese Zeitschr.* **32.** *S. 156. 1912*, Abs. 2, u. *S. 161* vorl. Abs.).

Bei allen diesen Versuchen wurden die Probekörper den Dämpfen von Siedeflüssigkeiten ausgesetzt, als welche Azeton, Wasser, Methylbenzoat und Phenylxylyläthan verwandt wurden mit den Siedepunkten von rd. 56°, 100°, 200° und 300° C. Es hat sich nun verschiedentlich das Bedürfnis herausgestellt, bei tieferen Temperaturen, also etwa zwischen 0° und 50° C, mit ausreichender Genauigkeit die thermische Ausdehnung von Materialien zu kennen, die nicht in genügender Länge zur Verfügung stehen, um deren geringe Längenänderungen mikrometrisch auf dem Komparator messen zu können. Die optische Methode der Interferenzen nach Fizeau zur Bestimmung der Ausdehnung ist für technische Zwecke im allgemeinen nur wenig geeignet.

Aus diesem Grunde sind mit dem oben beschriebenen Quarzapparat Versuche unternommen worden, ihn auch für dieses Gebiet niedrigerer Temperaturen, die durch Siedeflüssigkeiten nicht mit der nötigen Zuverlässigkeit hergestellt werden können, nutzbar zu machen. Die Temperierung des Apparates, der in ein gegen Wärmeabgabe nach außen gut isoliertes Gefäß eingehängt ist, geschieht dann mittels durchströmenden Wassers, das einem großen Thermostaten entnommen wird, und dessen Temperatur während des Versuches bis auf einige hundertel Grad konstant bleibt. Die Anwendung von Wasserbädern bestimmter Temperatur hat weiter den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß ohne neue Justierung des Apparates und ohne Zeitverlust von einer Temperatur auf eine andere übergegangen werden kann. Das Wasser wird in diesem Fall verschiedenen Thermostaten entnommen oder auch durch eine Heizvorrichtung auf die gewünschte Temperatur gebracht. Für Arbeiten dieser Art kann durch Umschrauben einzelner Teile des Apparates die Konstante r auf 5 *mm* herabgesetzt und dadurch die Empfindlichkeit auf das Doppelte erhöht werden.

Neue Durchrechnungsformeln für windschiefe Strahlen.

Von
Dr. **Arthur Kerber** in Leipzig.

Wenn ein windschiefer Strahl (vgl. Fig. 2 und 3) im Punkte O die Meridianebene durchdringt und *außerhalb derselben* eine Kugelfläche im Punkte $\mathfrak{E}$ (senkrecht über E zu denken) trifft, um alsdann nach der Brechung den Meridianschnitt in O' abermals zu durchdringen, und man bezeichnet mit V, bzw. V' den Lichtweg zwischen der

[1]) *Bull. de la Soc. d'encouragement p. l'ind. nat. 97. 1898.*

Kugelfläche und den beiden Durchstoßungspunkten, mit $n\,l$ und $n'\,l'$ den reduzierten Achsenabstand dieser Punkte, so gilt zwischen diesen Größen die Beziehung

$$\frac{V'}{n'\,l'} = \frac{V}{n\,l}\,{}^{1)},$$

d. h. der Quotient der Lichtwege zwischen einer Kugelfläche und den Durchstoßungspunkten durch die reduzierten Ordinaten dieser Punkte ist invariant.

Aus dieser Gleichung sind die folgenden Durchrechnungsformeln abgeleitet, nach denen (abgesehen von den Funktionen der Anfangsneigung des windschiefen Strahles bei unendlich großer Objektentfernung und einer kleinen Rechnung mit vier- oder fünfstelligen Logarithmen) der Weg eines solchen Strahles durch ein optisches System sich *ohne* trigonometrische Rechnungen verfolgen läßt.

In Fig. 1 sei der (durch den ursprünglichen Objektpunkt und die Achse gelegte) Meridianschnitt mit der Ebene des Papieres zusammenfallend angenommen, und es bedeute S den Scheitel der c-ten Kugelfläche, M ihren Krümmungsmittelpunkt. Ein windschiefer Strahl, in der Figur durch einen Pfeil angedeutet, treffe diese Fläche im Punkte $\mathfrak{E}$ (senkrecht über E) und durchdringe bei gehöriger Verlängerung den

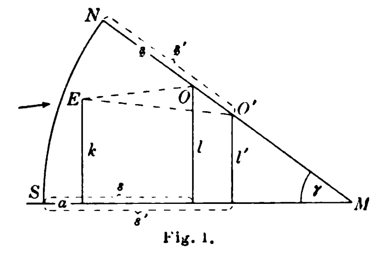


Fig. 1.

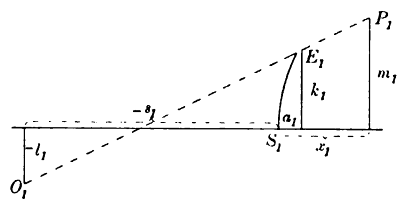


Fig. 2.

Meridianschnitt vor der Brechung im Punkte O, nach der Brechung in O'. Diese beiden Punkte, die im folgenden als Durchstoßungspunkte bezeichnet werden, liegen auf derselben Nebenachse MN, so daß der Krümmungsmittelpunkt das perspektivische Zentrum beider ist.

Betrachtet man den Scheitel der c-ten Fläche als Ursprung eines rechtwinkligen Koordinatensystems, und bezeichnet unter Anlehnung an das bekannte Werk der Mitarbeiter der Werkstatt von Carl Zeiss die Koordinaten

von $\mathfrak{E}_c$ durch a_c, k_c und $K_c = E_c\mathfrak{E}_c$,
„ O_c „ s_c und l_c,
„ O'_c „ s'_c und l'_c,

ferner den Abstand der c-ten Fläche von der vorhergehenden, gemessen auf der Achse, durch d_{c-1}, so sind s_c und l_c aus der Durchrechnung der $(c-1)$-ten Fläche ohne weiteres zu entnehmen, weil der Strahl *vor* der c-ten Brechung zusammenfällt mit dem Strahle *nach* der $(c-1)$-ten Brechung. So ist z. B. für die zweite Fläche (vgl. Fig. 3) O_2 identisch mit O_1', daher $s_2 = s_1' - d_1$, $l_2 = l_1'$, und allgemein

$$s_c = s'_{c-1} - d_{c-1}, \quad l_c = l'_{c-1}.$$

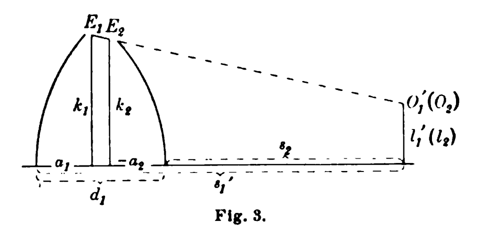


Fig. 3.

Es handelt sich bei der Durchrechnung der c-ten Fläche im wesentlichen also nur um die Bestimmung der Koordinaten des Einfallspunktes ($\mathfrak{E}_c$) und des Durchstoßungspunktes *nach* der Brechung (O'_c).

[1]) A. Kerber, *Der Mechaniker* **17.** *S. 74. 1909.*

1. Die Koordinaten des Einfallspunktes an der ersten Kugelfläche.

Betrachten wir zunächst die erste Fläche vom Radius r_1 (Fig. 2), deren Gleichung lautet

$$(r_1 - a_1)^2 + k_1^2 + K_1^2 = r_1^2;$$

so ist der einfallende Strahl bestimmt durch die Koordinaten des *ursprünglichen Objektpunktes* (s_1, l_1) und die Koordinaten des Strahlschnittpunktes *mit der Eintrittspupille* $\mathfrak{P}_1$ (senkrecht über P_1 liegend). Bezeichnen wir die letzteren durch

$$x_1, \; m_1 \text{ und } M_1 = P_1 \mathfrak{P}_1,$$

so ergeben sich die drei Bestimmungsgleichungen für die Koordinaten des ersten Einfallspunktes (a_1, k_1 und K_1) ohne weiteres aus der Figur und der Gleichung der Kugelfläche, nämlich

$$k_1 - l_1 = \frac{s_1 - a_1}{s_1 - x_1} (m_1 - l_1), \tag{1}$$

$$K_1 = \frac{s_1 - a_1}{s_1 - x_1} M_1, \tag{2}$$

$$k_1^2 + K_1^2 = 2 r_1 \cdot a_1 - a_1^2. \tag{3}$$

Setzt man die Werte von k_1 und K_1 aus den beiden ersten Gleichungen in die letzte ein, so erhält man einen Ausdruck von der Form

$$U_1 \cdot a_1^2 - 2 V_1 \cdot a_1 + W_1 = 0,$$

wobei man sukzessive zu berechnen hat

$$A_1 = \frac{l_1 - m_1}{s_1 - x_1}, \qquad B_1 = \frac{x_1 l_1 - m_1 s_1}{s_1 - x_1}, \qquad C_1 = \frac{M_1}{s_1 - x_1},$$

$$U_1 = 1 + A_1^2 + C_1^2. \qquad V_1 = r_1 + A_1 B_1 + s_1 \cdot C_1^2, \qquad W_1 = B_1^2 + s_1^2 \cdot C_1^2.$$

Nach Auflösung dieser Gleichung ergibt sich für die (meist kleine) Abszisse des Einfallspunktes

$$a_1 = \frac{V_1}{U_1} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{U_1 W_1}{V_1^2}} \right).$$

Das Doppelzeichen erklärt sich daraus, daß eine Vollkugel von einem Strahle bei gehöriger Verlängerung in *zwei* Punkten getroffen wird. Für optische Systeme kommt nur *einer* in Betracht, und zwar derjenige, der dem Flächenscheitel am nächsten liegt. In dem obigen Ausdrucke für a_1 gibt also nur das *negative* Zeichen einen Sinn, wenn man sich verständigt, bei Rechnungen (wie üblich) die Wurzel selber positiv zu nehmen, z. B. $\sqrt{1 - 3/4} = + 1/2$ zu setzen. Man erhält daher

$$a_1 = \frac{V_1}{U_1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{U_1 W_1}{V_1^2}} \right).$$

Führen wir noch einen Hilfswinkel ein, indem wir setzen

$$\sin \psi_1 = \frac{\sqrt{U_1 W_1}}{V_1}, \qquad \cos \psi_1 = \sqrt{1 - \frac{U_1 W_1}{V_1^2}},$$

so wird die Klammer in dem letzten Werte $= 1 - \cos \psi_1 = 2 \sin^2 {}^1\!/_2\, \psi_1$, und es ergibt sich schließlich für die Abszisse des Einfallspunktes

$$a_1 = \frac{2 V_1 \sin^2 {}^1\!/_2\, \psi_1}{U_1}, \tag{4}$$

wodurch nach Gleichung 1) und 2) auch die übrigen Koordinaten dieses Punktes bestimmt sind.

Bei unendlicher Objektentfernung hat man den angularen Abstand w_1 des Objektpunktes, also $-\operatorname{tg} w_1$ statt l_1/s_1 einzuführen. In diesem Sonderfalle ergibt sich, wie leicht zu sehen,

$$U_1 = 1 + \operatorname{tg}^2 w_1, \qquad V_1 = r_1 + m_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 + x_1 \cdot \operatorname{tg}^2 w_1,$$

$$W_1 = (m_1^2 + M_1^2) + 2\, x_1\, m_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 + x_1^2 \cdot \operatorname{tg}^2 w_1,$$

$$\sin \psi_1 = \frac{\sqrt{U_1 W_1}}{V_1}, \qquad a_1 = \frac{2\, V_1 \sin^2 {}^1\!/_2\, \psi_1}{U_1},$$

$$k_1 = m_1 + (x_1 - a_1) \operatorname{tg} w_1, \qquad K_1 = M_1.$$

2. Die Koordinaten des Einfallspunktes an der c-ten Fläche.

Betrachten wir zwei aufeinander folgende Flächen, z. B. die erste und zweite; so trifft der von der *ersten* Fläche gebrochene Strahl die zweite in $\mathfrak{E}_2$ (senkrecht über E_2 in Fig. 3) und durchdringt die Meridianebene im Punkte O_1', der als Durchstoßungspunkt des Strahles *vor der zweiten Brechung* auch durch O_2 bezeichnet werden kann. Sind nun die Koordinaten von $\mathfrak{E}_2$ in bezug auf den zweiten Flächenscheitel

$$a_2,\ k_2 \text{ und } K_2 = E_2 \mathfrak{E}_2,$$

diejenigen von O_2

$$s_2 = s_1' - d_1 \text{ und } l_2 = l_1',$$

so sind die letzteren, weil die erste der beiden Flächen als durchrechnet angenommen wird, bekannte Größen. Die folgenden drei Gleichungen, die sich aus der Figur unmittelbar ergeben, nämlich

$$k_2 - l_2 = \frac{s_2 - a_2}{s_2 + d_1 - a_1} (k_1 - l_2), \tag{5}$$

$$K_2 = \frac{s_2 - a_2}{s_3 + d_1 - a_1} K_1, \tag{6}$$

$$k_2^2 + K_2^2 = r_2^2 - (r_2 - a_2)^2, \tag{7}$$

enthalten also nur drei Unbekannte, a_2, k_2 und K_2, die in derselben Weise, wie bei der ersten Fläche, gefunden werden. Führt man die folgenden Hilfsgrößen ein:

$$\Delta_1 = a_1 - d_1, \qquad A_2 = \frac{l_2 - k_1}{s_2 - \Delta_1},$$

$$B_2 = \frac{\Delta_1 l_2 - k_1 s_2}{s_2 - \Delta_1}, \qquad C_2 = \frac{K_1}{s_2 - \Delta_1},$$

$$U_2 = 1 + A_2^2 + C_2^2, \qquad V_2 = r_2 + A_2 B_2 + s_2 \cdot C_2^2,$$

$$W_2 = B_2^2 + s_2^2 \cdot C_2^2, \qquad \sin \psi_2 = \frac{\sqrt{U_2 W_2}}{V_2},$$

so erhält man *für die Abszisse des Einfallspunktes an der zweiten Fläche*

$$a_2 = \frac{2\, V_2 \sin^2 {}^1\!/_2\, \psi_2}{U_2}. \tag{8}$$

Aus a_2 folgt dann nach Gleichung 5) und 6) k_2 und K_2.

Die Formeln für die c-te Fläche ergeben sich hieraus durch Änderung der Indizes. Es genügt in allen Fällen, die Berechnung dieser Koordinaten mit vier-

oder fünfstelligen Logarithmen durchzuführen, da enge Büschel homofokal verlaufen, also kleine Abweichungen von den genauen Werten auf das Endergebnis keinen Einfluß üben[1]).

3. Die Koordinaten des Durchstoßungspunktes nach der c-ten Brechung.

Zur Bestimmung der Lage des gebrochenen Strahles benutzen wir die oben schon erwähnte Formel

$$\frac{V'}{n'\,l'} = \frac{V}{n\,l}, \qquad \frac{V'}{n'\,l'} - \frac{V}{n\,l} = 0,$$

die nach dem Vorgange Abbes (vgl. M. von Rohr, Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten, S. 133) auch kürzer

$$\varDelta \frac{V}{n\,l} = 0$$

geschrieben werden kann. Quadrieren wir den Minuend und Subtrahend, setzen also

$$\varDelta \frac{V^2}{n^2\,l^2} = 0 \qquad 9)$$

und bestimmen den Lichtweg V zwischen der Kugelfläche und dem Meridianschnitte durch die Koordinaten seiner Endpunkte, so erhalten wir

$$\varDelta \frac{(s-a)^2 + (l-k)^2 + K^2}{n^2\,l^2} = 0,$$

oder, wegen $k^2 + K^2 = r^2 - (r-a)^2$,

$$\varDelta \frac{(s-r)^2 + 2\,(r-a)\,(s-r) + l^2 - 2\,k\,l + r^2}{n^2\,l^2} = 0.$$

Führen wir dann weiter *den Neigungswinkel* γ *der Nebenachse* ein (vgl. Fig. 1), setzen also im Minuend $s' - r = -\operatorname{ctg}\gamma \,.\, l'$, im Subtrahend $s - r = -\operatorname{ctg}\gamma \,.\, l$, und dividieren beide durch r^2, so ergibt sich ein Ausdruck von der Form

$$\varDelta \frac{1 - 2\,i \cdot l + j^2 \cdot l^2}{n^2\,l^2} = 0,$$

worin die Invarianten i und j^2 bestimmt sind durch

$$i = \frac{(r-a)\operatorname{ctg}\gamma + k}{r^2}, \qquad 10)$$

$$j^2 = \frac{1 + \operatorname{ctg}^2\gamma}{r^2}.$$

Die letzte Gleichung kann auch geschrieben werden

$$\varDelta \frac{\lambda^2 - 2\,i \cdot \lambda + j^2}{n^2} = \varDelta \left[\left(\frac{\lambda - i}{n}\right)^2 - \frac{i^2 - j^2}{n^2}\right] = 0,$$

wenn λ *das Reziprok von* l bedeutet. Wenn man diese Differenz ausschreibt und noch die Abkürzungen

$$L = \frac{\lambda - i}{n}, \qquad L' = \frac{\lambda' - i}{n'} \qquad 11)$$

einführt, so erhält man schließlich für L' den Wert

$$L' = \pm L \sqrt{1 + \frac{n'^2 - n^2}{n^2\,n'^2}\,\frac{j^2 - i^2}{L^2}}, \qquad 12)$$

[1]) Man vgl. die interessante Betrachtung von L. Seidel. *Astron. Nachr. 1855. S. 289 ff.*

und aus diesem für die *Koordinaten des Durchstofsungspunktes nach der Brechung*

$$\lambda' = n' L' + i\,, \qquad s' - r = -l' \operatorname{ctg} \gamma\,. \tag{13}$$

Bei Rechnungen empfiehlt es sich, die Formeln noch etwas abzuändern, weil in $j^2 - i^2 = Q$, wenn man die Werte der Invarianten einführt, sich zwei Glieder heben (man vgl. die Zusammenstellung im fünften Abschnitt).

Für *unendlich grofse Objektentfernung* wird $\gamma_1 = w_1$ und $L_1 = -i_1$.

Das Doppelzeichen in dem Werte für L' erklärt sich daraus, daß man sich die quadratische Gleichung 9) aus

$$\frac{V'}{n' l'} = \pm \frac{V}{n\,l} \tag{14}$$

hervorgegangen denken kann. Hier gilt das obere Zeichen für unseren das Brechungsgesetz befolgenden windschiefen Strahl $\mathfrak{A}\,\mathfrak{E}\,O'$, dessen Einfallswinkel im zweiten Medium durch $n' \sin i' = + n \sin i$ bestimmt ist. Das negative Zeichen gilt dagegen für den Lichtweg $\mathfrak{A}\,\mathfrak{E}\,O''$, der, in derselben Ebene *auf der entgegengesetzten Seite des Einfallslotes* verlaufend, mit letzterem (der absoluten Größe nach) den gleichen Winkel i' bildet. Denn nach einem bekannten geometrischen Satze folgt im Dreieck $\mathfrak{E}\,O'\,O''$ aus der Gleichheit der Winkel $M\,\mathfrak{E}\,O'$ und $M\,\mathfrak{E}\,O''$ die Proportion $\mathfrak{E}\,O'' : \mathfrak{E}\,O' = M\,O'' : M\,O'$. Darin ist $\mathfrak{E}\,O'' : \mathfrak{E}\,O' = V'' : V'$ und $M\,O'' : M\,O' = -l'' : l'$, also

$$\frac{V''}{V'} = -\frac{l''}{l'}\,, \qquad \frac{V''}{l''} = -\frac{V'}{l'}\,, \qquad \frac{V''}{n' l''} = -\frac{V'}{n' l'}\,.$$

Aus der letzten Gleichung ergibt sich dann, wegen $V'/n' l' = V/n\,l$,

$$\frac{V''}{n' l''} = -\frac{V}{n\,l}\,.$$

Der Lichtweg $\mathfrak{A}\,\mathfrak{E}\,O''$ entspricht daher der Gleichung 14) mit dem negativen Zeichen auf der rechten Seite, und die quadratische Gleichung liefert dementsprechend die Koordinaten der Durchstoßungspunkte des windschiefen Strahles *und* des Lichtweges $\mathfrak{A}\,\mathfrak{E}\,O''$.

Diese beiden Lichtwege sind nun voneinander so verschieden, daß die Wahl des Zeichens in dem Werte für L' in Gleichung 12) nicht schwierig ist. Der gebrochene Strahl, um den es sich hier handelt, wird nahezu mit dem idealen Lichtwege nach dem Punkte O^* (vgl. Fig. 4) zusammenfallen, dessen Koordinaten s^* und l^* nach der Gaußschen Dioptrik zu berechnen sind. Das Zeichen von L' hat man also so zu wählen, daß

$$\lambda' \text{ appr.} = \left(1 + \frac{n' - n}{n} \cdot \frac{s}{r}\right) \lambda \tag{15}$$

wird. Diese Regel kann noch vereinfacht werden.

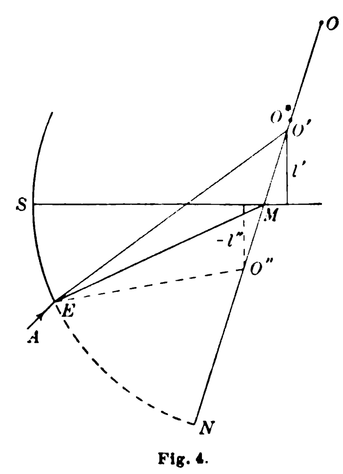


Fig. 4.

Es läßt sich nämlich zeigen, daß, mit Ausnahme eines seltenen Sonderfalles, in den bekannten Konstruktionen für den gebrochenen Strahl in Gleichung 12) das *positive* Zeichen zu nehmen, also einfach sign. $L' =$ sign. L zu setzen ist, während für den Sonderfall λ' appr. $= \lambda$ wird.

Denn substituiert man in die Gleichungen $n\,L = \lambda - i$ und $n' L' = \lambda' - i$ für die Invariante ihren Wert aus Gleichung 10), so ergeben sich nach einer leichten Reduktion Ausdrücke von der Form

$$n\,L = -\frac{\operatorname{ctg} \gamma}{r} \cdot \frac{s}{s - r} \cdot P\,, \qquad n' L' = -\frac{\operatorname{ctg} \gamma}{r} \cdot \frac{s'}{s' - r} \cdot P'\,.$$

Daraus folgt dann weiter

$$\frac{L'}{L} = \frac{n}{n'}\,\frac{s-r}{s'-r}\,\frac{s'}{s}\,\frac{P'}{P},$$

oder mit Berücksichtigung einer bekannten Formel der Gaußschen Theorie

$$\frac{L'}{L} = (1+\delta)\frac{P'}{P},$$

wenn durch δ die sphärische Abweichung angedeutet wird. Hierin ist

$$P = 1 - \frac{k}{r}\,\frac{l}{s} - \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right)a, \qquad P' = 1 - \frac{k}{r}\,\frac{l'}{s'} - \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s'}\right)a.$$

Setzt man diese Werte ein und bezeichnet die Reziproke von r, s, s' vorübergehend mit ϱ, σ, σ', so ergibt sich

$$\frac{L'}{L} = (1+\delta)\frac{1 - k\varrho\cdot l'\sigma' - (\varrho - \sigma')a}{1 - k\varrho\cdot l\sigma - (\varrho - \sigma)a}. \qquad 16)$$

Bei den üblichen Konstruktionen gibt nun die Summe des zweiten und des dritten Gliedes im Zähler und im Nenner, nämlich

$$\frac{k}{r}\,\frac{l'}{s'} + \left(\frac{a}{r} - \frac{a}{s'}\right) \quad \text{und} \quad \frac{k}{r}\,\frac{l}{s} + \left(\frac{a}{r} - \frac{a}{s}\right)$$

stets einen echten Bruch, L'/L ist also positiv, d. h.

$$\text{sign. } L' = \text{sign. } L. \qquad 17)$$

Nur in einem Falle können Zähler und Nenner der obigen Gleichung entgegengesetzte Zeichen haben, nämlich *bei ungewöhnlich großer Annäherung eines ausgedehnten Objektes* an eine Kugelfläche, wenn r und s dasselbe Zeichen haben, also bei der zweiten Fläche des Ramsden-Okulares und der Smythschen Linse. Dann ist l/s am Rande des Gesichtsfeldes ein Vielfaches der Einheit, und auch k/r ein verhältnismäßig großer Bruch. Der Zähler und der Nenner in Gleichung 16) sind infolgedessen in diesem Falle für große Werte von l/s negativ, während sie für kleine Werte dieser Größe, wie gewöhnlich, positiv sind, und es kann daher geschehen, daß der Zähler bei wachsendem l/s im positiven Zahlenraume gegen Null konvergiert, wenn der Nenner diese Grenze schon überschritten hat, und umgekehrt, so daß L' und L entgegengesetzte Zeichen haben. Wie aus Gleichung 15) unmittelbar hervorgeht, ist in diesem seltenen Falle

$$\lambda' \text{ appr.} = \lambda, \qquad 18)$$

da s/r eine kleine Größe ist. Von den beiden Werten für l' ist also der zu wählen, der l am nächsten liegt.

Wenn r und s *entgegengesetztes* Zeichen haben, und bei *sehr großem* Radius ist L'/L auch bei kleinem s stets positiv und sign. L' = sign. L.

4. Die Koordinaten des Strahlschnittpunktes mit der Bildebene.

Hat man nach den obigen Formeln, von Fläche zu Fläche fortschreitend, die Koordinaten des Einfallspunktes an der letzten Kugelfläche (a_ν, k_ν und K_ν) und des Durchstoßungspunktes nach der letzten Brechung (s'_ν und l'_ν) berechnet, so ist damit die Lage des Strahlschnittpunktes mit der Bildebene bestimmt. Bezeichnet man den Schnittpunkt selbst durch $\mathfrak{P}'$ (senkrecht über P') und seine Koordinaten durch

$$s^*, \; g' \quad \text{und} \quad \delta G' = P'\mathfrak{P}'$$

($\delta G'$ ist in der Regel eine kleine Größe, da der Strahl $\mathfrak{C} O'$ den Meridianschnitt in der Nähe der Bildfläche zu durchdringen pflegt), so ergibt sich ohne weiteres aus der Figur 5

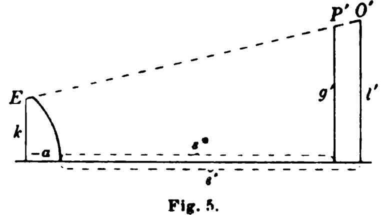


Fig. 5.

$$g'_\nu = l'_\nu - \frac{l'_\nu - k_\nu}{s'_\nu - a_\nu}(s'_\nu - s_\nu^*), \qquad 19)$$

$$\delta G'_\nu = \frac{K_\nu}{s'_\nu - a_\nu}(s'_\nu - s_\nu^*).$$

5. Zusammenstellung der Formeln.

Erste Fläche.

1. $s_1 = \infty$.

$U_1 = \sec^2 w_1$, $\qquad V_1 = r_1 + m_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 + x_1 \cdot \operatorname{tg}^2 w_1$,

$W_1 = (m_1^2 + M_1^2) + 2\, x_1\, m_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 + x_1^2 \cdot \operatorname{tg}^2 w_1$,

$\sin\psi_1 = \frac{\sqrt{U_1 W_1}}{V_1}$, $\qquad a_1 = \frac{2\, V_1 \sin^2 {}^1\!/_2\, \psi_1}{U_1}$,

$k_1 = m_1 + (x_1 - a_1) \operatorname{tg} w_1$, $\qquad K_1 = M_1$ [1];

$P_1 = \frac{k_1 - a_1 \operatorname{ctg} w_1}{r_1}$, $\qquad i_1 = \frac{\operatorname{ctg} w_1 + P_1}{r_1}$,

$Q_1 = \frac{1 - 2\, P_1 \operatorname{ctg} w_1 - P_1^2}{r_1^2}$, $\qquad L_1 = -\, i_1$,

$L_1' = L_1 \sqrt{1 + \frac{n_1'^2 - 1}{n_1'^2} \frac{Q_1}{L_1^2}}$, $\qquad \text{sign. } L_1' = \text{sign. } L_1$,

$\lambda_1' = n_1' L_1' + i_1$, $\qquad s_1' - r_1 = -\, l_1' \operatorname{ctg} w_1$.

2. $\frac{1}{s_1} < 0$.

$A_1 = \frac{l_1 - m_1}{s_1 - x_1}$, $\qquad B_1 = \frac{x_1 l_1 - m_1 s_1}{s_1 - x_1}$

$C_1 = \frac{M_1}{s_1 - x_1}$, $\qquad U_1 = 1 + A_1^2 + C_1^2$,

$V_1 = r_1 + A_1 B_1 + s_1 \cdot C_1^2$, $\qquad W_1 = B_1^2 + s_1^2 \cdot C_1^2$,

$\sin\psi_1 = \frac{\sqrt{U_1 W_1}}{V_1}$, $\qquad a_1 = \frac{2\, V_1 \sin^2 {}^1\!/_2\, \psi_1}{U_1}$,

$k_1 = l_1 - (s_1 - a_1) A_1$, $\qquad K_1 = (s_1 - a_1)\, C_1$ [1];

$\operatorname{ctg}\gamma_1 = -\,(s_1 - r_1)\,\lambda_1$, $\qquad P_1 = \frac{k_1 - a_1 \operatorname{ctg}\gamma_1}{r_1}$,

$i_1 = \frac{\operatorname{ctg}\gamma_1 + P_1}{r_1}$, $\qquad Q_1 = \frac{1 - 2\, P_1 \operatorname{ctg}\gamma_1 - P_1^2}{r_1^2}$,

$L_1 = \frac{\lambda_1 - i_1}{n_1}$, $\qquad L_1' = L_1 \sqrt{1 + \frac{n_1'^2 - n_1^2}{n_1^2 n_1'^2} \frac{Q_1}{L_1^2}}$,

$\text{sign. } L_1' = \text{sign. } L_1$ [2]),

$\lambda_1' = n_1' L_1' + i_1$, $\qquad s_1' - r_1 = -\, l_1' \operatorname{ctg}\gamma_1$.

[1]) Die Berechnung von a, k und K ist mit vier- oder fünfstelligen Logarithmen durchzuführen vgl. die Schlußbemerkung im zweiten Abschnitt.

[2]) Mit Ausnahme eines Sonderfalles, vgl. die Schlußbemerkung im dritten Abschnitt.

Die c-te Fläche.

$$s_c = s'_{c-1} - d_{c-1}, \qquad \Delta_{c-1} = a_{c-1} - d_{c-1},$$

$$l_c = l'_{c-1},$$

$$A_c = \frac{l_c - k_{c-1}}{s_c - \Delta_{c-1}}, \qquad B_c = \frac{\Delta_{c-1} l_c - k_{c-1} s_c}{s_c - \Delta_{c-1}},$$

$$C_c = \frac{K_{c-1}}{s_c - \Delta_{c-1}}, \qquad U_c = 1 + A_c^2 + C_c^2,$$

$$V_c = r_c + A_c B_c + s_c \cdot C_c^2, \qquad W_c = B_c^2 + s_c^2 \cdot C_c^2,$$

$$\sin\psi_c = \frac{\sqrt{U_c W_c}}{V_c}, \qquad a_c = \frac{2 V_c \sin^2 {}^1/_2 \psi_c}{U_c},$$

$$k_c = l_c - (s_c - a_c) A_c, \qquad K_c = (s_c - a_c) C_c \text{ [1]},$$

$$\operatorname{ctg}\gamma_c = -(s_c - r_c)\lambda_c, \qquad P_c = \frac{k_c - a_c \operatorname{ctg}\gamma_c}{r_c^2},$$

$$i_c = \frac{\operatorname{ctg}\gamma_c + P_c}{r_c}, \qquad Q_c = \frac{1 - 2 P_c \operatorname{ctg}\gamma_c - P_c^2}{r_c},$$

$$L_c = \frac{\lambda_c - i_c}{n_c}, \qquad L'_c = L_c \sqrt{1 + \frac{n_c'^2 - n_c^2}{n_c^2 n_c'^2} \frac{Q_c}{L_c^2}},$$

$$\text{sign. } L'_c = \text{sign. } L_c \text{ [2]},$$

$$\lambda'_c = n'_c L'_c + i_c, \qquad s'_c - r_c = -l'_c \operatorname{ctg}\gamma_c.$$

$c = 2, 3, 4$ bis ν.

Bildfläche.

$$g'_\nu = l'_\nu - \frac{l'_\nu - k_\nu}{s'_\nu - a_\nu}(s'_\nu - s_\nu^*),$$

$$\delta G'_\nu = \frac{K_\nu}{s'_\nu - a_\nu}(s_\nu - s_\nu^*).$$

Zur Kontrolle für die Koordinaten des Einfallspunktes dient die Gleichung der Kugelfläche

$$k^2 + K^2 = (2r - a)a,$$

und für die Koordinaten des Durchstoßungspunktes nach der Brechung die Beziehung

$$\frac{\sqrt{(s' - a)^2 + (l' - k)^2 + K^2}}{n' l'} = \frac{\sqrt{(s - a)^2 + (l - k)^2 + K^2}}{n l}.$$

Die obigen Formeln gelten selbstverständlich auch für windschiefe Strahlen *in der Nachbarschaft der Meridianebene*, d. h. für unendlich kleines $K = E\mathfrak{E}$ (Fig. 1). Bei diesen braucht man in den Formeln nur M_1, K_1, K_2 usw. gleich 0 zu setzen. Die Durchrechnung dieser Strahlen wird aber dadurch wesentlich vereinfacht, daß die Koordinaten des Einfallspunktes ($\mathfrak{E}$) aus der Durchrechnung *der zugehörigen Meridianstrahlen*, die jener vorauszugehen pflegt, entnommen werden, so daß man nur noch nötig hat, die Größen i, $j^2 - i^2$, L, L', λ' und s' zu bestimmen. Wenn man aber mit der Berechnung *der windschiefen Strahlen* beginnen will, so braucht man die Meridian-

[1]) s. Anmerkung [1]) S. 82.
[2]) s. Anmerkung [2]) S. 82.

strahlen überhaupt nicht zu durchrechnen, weil sie mit jenen bis auf die unendlich kleinen Neigungswinkel gegen den Meridianschnitt zusammenfallen.

6. Durchrechnung deformierter Flächen.

Daß die mitgeteilten Formeln auch bei anderen Rotationsflächen (sogenannten deformierten Flächen) verwendet werden können, liegt auf der Hand. Denn es sei $\mathfrak{S}N$ in Fig. 6 der tangentiale Bogen einer solchen Fläche, die im Punkte $\mathfrak{E}$ (senkrecht über E) von einem ganz beliebigen windschiefen Strahle getroffen werde; so ergeben sich die Koordinaten dieses Punktes in bezug auf den Scheitel $\mathfrak{S}$ ($\mathfrak{a}$, k und K) aus der Flächengleichung

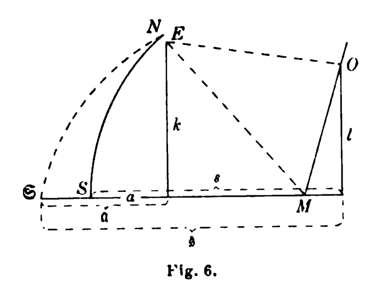


Fig. 6.

$$\mathfrak{R}^2 = k^2 + K^2 = f(\mathfrak{a})$$

in derselben Weise, wie bei einer Kugelfläche. Aus dem Differentialquotienten $\delta\mathfrak{R}/\delta\mathfrak{a}$ folgt dann weiter der Winkel $\varphi = \mathfrak{E}M\mathfrak{S}$ zwischen der optischen Achse und dem Einfallslote, und aus diesem Winkel die Länge des Lotes zwischen der deformierten Fläche und der optischen Achse, nämlich $\mathfrak{E}M = \mathfrak{R}\,\mathrm{cosec}\,\varphi = \sqrt{k^2+K^2}.\mathrm{cosec}\,\varphi$. Denkt man sich nun eine *Kugelfläche* von dem Radius $\mathfrak{E}M = r$ durch den Einfallspunkt gelegt, so daß ihr Mittelpunkt mit M zusammenfällt, so bleibt der Gang des windschiefen Strahles unverändert, wenn diese, statt der deformierten, als Trennungsfläche der beiden Medien betrachtet wird, weil die Einfallslote und daher die Einfallswinkel beider zusammenfallen. Auch die *Ordinaten* des Punktes $\mathfrak{E}$ in bezug auf die Kugelfläche (k und K) sind dieselben, und nur *die Abszissen* der Punkte $\mathfrak{E}$ und O ($\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{s}$) ändern sich in a und s. Diese aber lassen sich, da der Scheitelabstand ($\mathfrak{S}S$) aus den Gleichungen der beiden Flächen folgt, leicht korrigieren, und die deformierte Fläche kann dann schließlich, mit Zugrundelegung der fingierten Kugelfläche, nach den obigen Formeln durchrechnet werden. Auch hier kann die Durchrechnung der windschiefen Strahlen in der Nachbarschaft der Meridianebene vereinfacht werden, wenn man vorher die zugehörigen Meridianstrahlen nach den Formeln von M. Lange[1]) (*Festschrift der optischen Anstalt C. P. Goerz, S. 177, 1912*) trigonometrisch durch das System verfolgen will.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1912[2]).

A. Allgemeines.

Dienstreisen und Teilnahme an Versammlungen.

Geh. Reg.-Rat Wiebe nahm vom 16. bis 20. Januar 1912 teil an den Sitzungen der Internationalen Petroleum-Kommission in Wien. — Am 23. und 25. Juni 1912 verhandelte derselbe in Ilmenau mit den Herren Böttcher, Burau und Grützmacher über die Errichtung einer Reichskontrollstelle zur Überwachung des Thermometer-Prüfungswesens. Am 24. Juni nahm Geh. Reg.-Rat Wiebe teil an der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Glasinstrumenten-Fabrikanten in Schmiedefeld, Kr. Schleusingen. Schließlich beteiligte sich derselbe im September an dem Internationalen Chemikerkongreß in New York.

Geh. Reg.-Rat Gumlich nahm teil vom 23. bis 24. April 1912 an der Sitzung der Faraday-Society in London und hielt dort einen Vortrag über die magnetischen Eigen-

[1]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **32.** *S. 65. 1912.*

[2]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1913 erstatteten Bericht.

schaften von Eisen-Kohlenstoff- und Eisen-Silizium-Legierungen. Am 25. und 27. April besichtigte er in Teddington das National Physical Laboratory und in Sheffield die Eisenwerke von Sir Jonas und von Sir Hadfield sowie das Metallurgische Laboratorium der Universität.

Prof. Orlich beteiligte sich vom 5. bis 8. Juni 1912 in Leipzig an den Kommissionssitzungen und Verhandlungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und besichtigte das Physikalische Institut der Universität Leipzig.

Prof. Göpel nahm teil vom 27. bis 29. Juni 1912 an der Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik in Leipzig.

Geh. Reg.-Rat Feußner besichtigte in der Zeit vom 30. Juli bis 10. August und vom 16. bis 20. August die Elektrischen Prüfämter Nr. 1 bis 7 sowie das Elektrizitätswerk in Bremen und die Zähler-Eichstation der Hamburger Elektrizitätswerke.

Der Ständige Mitarbeiter Dr. Giebe nahm vom 16. bis 20. September an der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Münster i. W. teil. Nichtamtlich waren bei dieser Versammlung anwesend Prof. Scheel und Dr. Heuse.

Der Ständige Mitarbeiter Dr. Hoffmann vertrat die Reichsanstalt bei der Beisetzung des Geh. Reg.-Rats Wiebe am 4. Oktober 1912; außeramtlich war Prof. Scheel anwesend.

Dr.-Ing. Jakob wohnte auf Antrag der Vulkan-Werke Stettin am 24. Oktober Versuchen an einem für die Kaiserliche Marine bestimmten Dampfkessel bei.

Bibliothek.

Die Bibliothek verwalteten in Abteilung I Prof. Scheel bis 26. November und Dr. Heuse, dem der exped. Sekretär Henck beigegeben ist, vom 27. November 1912 ab; in Abteilung II Technischer Rat Blaschke.

Veröffentlichungen.

Die Veröffentlichungen von Beamten der Reichsanstalt während des Berichtsjahres sind im Anhang aufgeführt.

Sitzungen der wissenschaftlichen Beamten.

Die wissenschaftlichen Beamten sind wie bisher monatlich zu Kolloquien zusammengetreten.

Bauarbeiten.

Die innere Einrichtung der Neubauten ist im Gange. Wahrscheinlich wird der Umzug des Starkstrom-Laboratoriums in den Neubau im Sommer 1913 beendigt sein und der Betrieb des Zweiglaboratoriums auf dem Telegraphenberg im Frühjahr 1913 beginnen.

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft.

Auf Wunsch der interessierten technischen Kreise hat die Reichsanstalt unter Mitwirkung des Herrn Geheimrat Dr. H. Bunte, Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, und des Herrn Dettmar, Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, die Gründung einer Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in die Wege geleitet. Die von 51 Herren besuchte konstituierende Versammlung fand am 2. November 1912 in der Reichsanstalt, die erste, von 105 Personen besuchte Mitgliederversammlung am 24. Februar 1913 im physikalischen Institut der Universität statt.

B. Abteilung I.

I. Mechanik und Wärmelehre[1].

1. Vergleich von Widerstandsthermometern mit dem Wasserstoffthermometer zwischen 0° und — 190°[2].

Die bereits im vorigen Bericht erwähnten Messungen über den Vergleich von Platinwiderstandsthermometern mit dem Wasserstoffthermometer zwischen 0° und — 190° sind abgeschlossen. Ihre Veröffentlichung steht bevor. Da in diesem Bereich der Widerstand des Platins eine verwickeltere Funktion der Temperatur ist, so war es nicht ausreichend, die Vergleichung in den leicht herstellbaren Bädern der flüssigen Luft und des Gemisches aus fester Kohlensäure und Alkohol vorzunehmen, von denen das letztere noch den Nachteil besitzt, daß sich in ihm leicht beträchtliche Temperaturdifferenzen ausbilden. Es gelang, einen für den vorliegenden Zweck geeigneten Flüssigkeitsthermostaten zu konstruieren, der jede Temperatur zwischen 0° und — 150° zu erzeugen und beliebig lange auf 0,02° bis 0,03° konstant zu halten gestattet.

[1]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkung zu den einzelnen Nummern des Textes genannt.

[2]) Henning.

Die Beschreibung dieses Apparates ist in *dieser Zeitschr.* **33.** *S. 33. 1913.* erschienen. (Anhang Nr. 11.) Sein Prinzip beruht in folgendem: Das Bad besteht aus einem mit Alkohol oder Petroläther gefüllten Dewar-Gefäß. In die Flüssigkeit taucht ein U-förmig gebogenes Glasrohr, in das flüssige Luft tropft und dort unter Abkühlung der Umgebung verdampft. Die flüssige Luft wird aus einer Vorratsflasche durch einen doppelwandigen, evakuierten und versilberten Heber entnommen, und ihre Kühlwirkung, welche durch die pro Zeiteinheit überströmende Menge bedingt ist, durch den Gasdruck in der verschlossenen Vorratsflasche reguliert. Dadurch gelingt es leicht, die oben angegebene zeitliche Konstanz zu erzielen. Eine gleichmäßige räumliche Verteilung der Temperatur erreicht man, wenn man die Kühlvorrichtung, d. h. das U-förmig gebogene Glasrohr, in das Rohr einer Turbine bringt. Es wird dann an dem U-Rohr ständig ein starker Flüssigkeitsstrom vorübergetrieben, der im stationären Zustand nur geringe Abkühlung erleidet, so daß überhaupt keine großen Temperaturdifferenzen in dem Bade zur Ausbildung kommen.

In diesem Apparat wurde eine größere Anzahl von Vergleichungen ausgeführt, denen sich außerdem noch Messungen in flüssiger Luft und flüssigem Sauerstoff anschlossen. Die absolute Genauigkeit der gasthermometrischen Temperaturmessung betrug mindestens 0,04°.

Vier mit dem Wasserstoffthermometer verglichene Platinwiderstandsthermometer lieferten bis auf 0,1 % übereinstimmende Werte für das Verhältnis $R = \frac{r}{r_0}$ der zu den Temperaturen t^0 und 0° gehörigen Widerstände.

Die von Callendar aufgestellte quadratische Beziehung zwischen Widerstand und Temperatur erwies sich bis zu — 40° gültig. Unterhalb dieser Grenze liefert sie zu niedrige Temperaturen.

Der von den vier Thermometern gelieferte Mittelwert der Größe R ist als Funktion der absoluten Temperatur T in der Tabelle mitgeteilt, in der gleichzeitig unter ΔT die Abweichung der Callendarschen Formel von der Beobachtung dargestellt ist.

T	Platin		Blei
	R	ΔT	R
80°	0,20261	2,06°	0,2593
90	0,24591	1,74	0,2961
100	0,28895	1,44	0,3330
110	0,33181	1,16	0,3700
120	0,37443	0,91	0,4070
130	0,41680	0,69	0,4442
140	0,45882	0,53	0,4817
150	0,50057	0,40	0,5193
160	0,54206	0,30	0,5570
170	0,58335	0,23	0,5950
180	0,62452	0,16	0,6331
190	0,66546	0,11	0,6714
200	0,70627	0,06	0,7098
210	0,74691	0,03	0,7487
220	0,78739	0,01	0,7878
230	0,82771	0,00	0,8272
240	0,86788	0,00	0,8668
250	0,90793	0,00	0,9067
260	0,94786	0,00	0,9470
270	0,98768	0,00	0,9874
273,1°	1,00000	0,00°	1,0000

Mit den vier erwähnten Platinthermometern wurden noch einige andere verglichen, die zum Teil aus älterem und weniger reinem Platin bestanden. Es zeigte sich dabei, daß die Größen R der einzelnen Thermometer bei tiefen Temperaturen um so mehr voneinander abweichen, je mehr dies bei 100° der Fall ist, d. h. also, je mehr sich ihre zwischen 0° und 100°

gemessenen mittleren Temperaturkoeffizienten $\alpha = \frac{r_{100} - r_0}{100\, r_0}$ unterscheiden. Beträchtlich vermindert erscheinen die Unterschiede, wenn man die Platintemperaturen $t_p = \frac{R-1}{\alpha}$ miteinander vergleicht. Bei den untersuchten Platinthermometern betrugen diese Differenzen bis zu 0,5°. Zur Reduktion verschiedener Thermometer aufeinander ließ sich innerhalb der Grenzen der Beobachtung zwischen ihren Platintemperaturen t_p' und t_p die Beziehung $(t_p' - t_p) = c\, t_p\, (t_p - 100)$ aufstellen. Diese Gleichung erfüllt von selbst die Bedingung, daß bei 0° und 100° die Platintemperaturen aller Thermometer übereinstimmen. c ist eine Konstante, die experimentell ermittelt werden muß. Aus der vorstehenden Gleichung leitet man für den Unterschied $R' - R$ des Widerstandsverhältnisses zweier Platinthermometer den Ausdruck

$$R' - R = A\,(R-1) + B\,(R-1)^2$$

ab, wenn man

$$A = \frac{\alpha'}{\alpha}\,(1 - 100\,c) - 1 \quad \text{und} \quad B = \frac{\alpha' c}{\alpha^2}$$

setzt.

Diese Beziehung ermöglicht es, nach eingehender Eichung eines Thermometers sofort eine Eichungstabelle für jedes bei nur einer Temperatur mit ihm verglichene andere Thermometer aufzustellen.

Es wurden ferner vier Bleithermometer, von denen je zwei aus dem gleichen Material bestanden, bei −50°, −100°, −150°, −183° und −193° mit den Platinthermometern verglichen. Einige Beobachtungen bei +100° lieferten den Temperaturkoeffizienten α des Bleis zu etwa 0,0042, während sich für reines Platin 0,00391 bis 0,00392 ergab. Im Gegensatz zum Platin traten durch Abkühlen und Erwärmen der Bleithermometer permanente Änderungen des Widerstands auf, die sich bei dem einen Material auf einige Hunderttausendstel beliefen. Das andere wegen seines um 1,5 % kleineren Temperaturkoeffizienten als weniger rein angesehene Blei zeigte besonders beim Erwärmen auf 100° erheblich stärkere Änderungen. — Die zu dem reineren Blei gehörigen Werte von R sind ebenfalls in die Tabelle aufgenommen.

2. Spezifische Wärme von Gasen bei niedrigen Temperaturen[1].

Die Untersuchung wurde nach der schon früher benutzten Methode (*continuous flow method*) auf eine größere Anzahl von Gasen ausgedehnt.

Die Versuchsanordnung blieb im allgemeinen unverändert, nur wurde die frühere offene Gaszirkulation zu einer geschlossenen ausgebildet, so daß reine, giftige und, da zur Füllung der ganzen Apparatur nur 5 l Gas nötig sind, auch seltene Gase untersucht werden können.

Die bisherigen Ergebnisse der Arbeit sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Die Tabelle enthält außer den direkt gemessenen Werten von c_p in elektrischem Maße, die aus ihnen durch Multiplikation mit dem Wärmeäquivalent der *Wattsekunde* $0{,}2387\,\frac{g\text{-Kal.}_{15}}{\text{Watt}\cdot\text{sek.}}$ berechneten Werte in kalorischem Maße. Die Tabelle enthält ferner die Werte von C_p, dem Produkte aus c_p in kalorischem Maße und dem Molekulargewicht.

Temperatur	c_p $\frac{\text{Watt}\cdot\text{sek.}}{g\cdot\text{Grad}}$	c_p $\frac{g\text{-Kal.}_{15}}{g\cdot\text{Grad}}$	C_p	C_v	C_{p_0}	C_{v_0}	$\varkappa$	$\varkappa_0$
				Helium				
+ 18	$5{,}27_8$	1,260	4,993	3,008	4,993	3,008	1,660	1,660
− 180	5,22	$1{,}24_5$	4,934	2,949	4,934	2,949	1,673	1,673
				Wasserstoff				
+ 16	14,26	3,403	6,860	4,875	6,860	4,875	1,407	1,407
− 76	13,23	3,157	6,365	4,379	6,364	4,379	1,453	1,453
− 181	11,08	2,644	5,330	3,338	5,320	3.335	1,597	1,595

[1]) Scheel, Heuse.

Temperatur	c_p $\frac{\text{Watt}\cdot\text{sek.}}{g\cdot\text{Grad}}$	c_p $\frac{g\text{-Kal.}_{15}}{g\cdot\text{Grad}}$	C_p	C_v	C_{p_0}	C_{v_0}	$\varkappa$	$\varkappa_0$
			Stickstoff					
+ 20	1,044	$0,249_2$	6,983	4,989	6,969	4,984	1,400	1,398
− 181	1,071	$0,255_6$	7,162	4,879	6,718	4,733	1,468	1,419
			Sauerstoff					
+ 20	0,914	$0,218_2$	$6,98_2$	$4,98_9$	$6,97_0$	$4,98_5$	1,399	1,398
− 76	0,898	0,214	6,86	4,84	6,81	4,83	1,416	1,411
− 181	0,956	0,228	7,30	5,04	6,90	4,91	1,447	1,404
			Atmosphärische Luft (kohlensäurefrei)					
+ 20	1,008	$0,240_6$	$6,96_5$	4,972	6,953	4,968	1,401	1,400
− 76	1,018	$0,243_0$	7,04	5,02	6,99	5,01	1,401	1,396
− 181	1,046	$0,249_6$	7,23	4,99	6,85	4,86	1,450	1,408
			Kohlenoxyd					
+ 18	1,048	$0,250_2$	7,006	5,011	6,991	5,006	1,398	1,396
− 180	1,084	$0,258_7$	7,244	4,922	6,743	4,758	1,472	1,417
			Kohlensäure					
+ 20	0,846	$0,201_9$	8,88	6,85	8,81	6,82	1,298	1,291
− 76	0,768	$0,183_3$	8,07	5,90	7,79	5,81	1,368	1,342
			Stickoxydul					
+ 20	0,879	$0,209_7$	9,23	7,20	9,16	7,17	1,283	1,277
− 29	0,839	$0,200_4$	8,82	6,75	8,69	6,70	1,307	1,296
− 70	0,801	$0,191_2$	8,42	6,28	8,26	6,27	1,341	1,316

Aus C_p berechnet man C_v, das Produkt aus der spezifischen Wärme bei konstantem Volumen c_v und dem Molekulargewicht, sowie die für den idealen Gaszustand geltenden C_{p_0} und C_{v_0} auf Grund der thermodynamischen Beziehungen

$$C_p - C_v = T\left(\frac{dp}{dT}\right)_v \cdot \left(\frac{dv}{dT}\right)_p$$

und

$$\left(\frac{dC_p}{dp}\right)_T = -T\left(\frac{d^2 v}{dT^2}\right)_p$$

in Verbindung mit der von **Berthelot** aufgestellten Zustandsgleichung

$$pv = RT + \left(b - \frac{a}{RT^2}\right)p.$$

Hinzugefügt sind noch die Zahlen für das Verhältnis der spezifischen Wärmen

$$\varkappa = \frac{C_p}{C_v}, \qquad \varkappa_0 = \frac{C_{p_0}}{C_{v_0}}.$$

C_p ergab sich für Luft von Atmosphärendruck bei 20° zu $0,240_6$.

Die Beobachtung von **Eucken**, nach welcher die Molekularwärme des Wasserstoffs bei tiefer Temperatur sich der eines einatomigen Gases nähert, wurde bestätigt und dasselbe Verhalten, wenn auch in viel geringerem Maße, für Kohlenoxyd und Stickstoff nachgewiesen.

Die Ergebnisse der Arbeit sind, soweit sie sich auf Helium und die zweiatomigen Gase beziehen, veröffentlicht. (Anhang Nr. 17.)

3. Spezifische Wärme von Gasen bei hohen Drucken[1]).

Die Versuche zur Bestimmung der mittleren spezifischen Wärme der Luft zwischen 20 und 100° C wurden bis zum Druck von 50 *at* durchgeführt. Das Kalorimeter blieb im wesentlichen ungeändert. Für den übrigen Teil der Versuchsanordnung ergaben jedoch die Vorversuche Anlaß zu verschiedenen Verbesserungen.

[1]) Holborn, Jakob.

Die Vorversuche bezogen sich auf die Drucke von 1, 11, 26 und 56 *at*, und zwar wurde bei jedem Druck mit drei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten gearbeitet. Für die Berechnung von c_p wurden dann je drei aufeinanderfolgende Versuche mit verschiedener Strömungsgeschwindigkeit zu einer Reihe zusammengefaßt. Die notwendigen Voraussetzungen, daß die Strömungsgeschwindigkeit der Luft während der Dauer jedes Versuchs konstant und daß der Wärmeverlust des Kalorimeters bei einer Reihe gleich sei, lassen sich natürlich nur mit einer gewissen Annäherung erfüllen. Kleine Schwankungen in der Menge der vom Kompressor gelieferten Luft sind nicht zu vermeiden, und die dadurch bedingte Korrektion erfordert eine dauernde Kontrolle der Luftströmung. Hierzu wird die Eigenschaft eines Kompressors benutzt, bei unveränderten Verhältnissen, wie Tourenzahl, Druck, Kühlung, mit jedem Hub die gleiche Luftmenge anzusaugen. Ein mit der Welle des Kompressors verbundener Tourenzähler ermöglicht, neben der Gesamtumlaufzahl in regelmäßigen Abständen die Zahl von Hüben zu bestimmen, die für die Füllung des Gasometers von 2 *cbm* Inhalt ausreichen. Hieraus ergibt sich die Luftmenge, die der Kompressor mit einem Hub fördert (spezifische Förderung), und umgekehrt folgt aus der jeweiligen Tourenzahl und der spezifischen Förderung die geförderte Luftmenge auch für die Pausen zwischen den einzelnen Gasometerfüllungen, von denen höchstens fünf während eines Versuchs vorgenommen werden können, weil jedesmal der Temperaturausgleich der in der Glocke aufgefangenen Luft abgewartet werden muß, ehe von neuem gefüllt wird.

Anfangs zeigten sich große Unregelmäßigkeiten in der spezifischen Förderung, obwohl die Betriebsbedingungen des Kompressors unveränderlich schienen. Die Ursache davon lag hauptsächlich in der Veränderlichkeit der Ölfüllung, die das mit dem Niederdruckzylinder in Verbindung stehende Druckschmiergefäß während des Betriebes aufwies. Das Gefäß wurde deshalb durch eine mit der Kompressorenwelle verbundene Schmierpresse ersetzt; damit war die Veränderlichkeit des schädlichen Raumes vom Niederdruckzylinder beseitigt, und die spezifische Förderung zeigte sich nun hinreichend konstant.

Die Temperaturmessung der im Gasometer aufgefangenen Luft wurde durch die Verwendung eines Widerstandsthermometers verbessert, dessen 2 *m* lange Schleife aus Platindraht sich über die ganze Höhe der Glocke erstreckte, was der Genauigkeit der Mengenmessung zugute kam.

Um die Unterschiede im Wärmeverlust des Kalorimeters bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten zu bestimmen, wurde das Temperaturgefälle sowohl im Eintrittsrohr wie im Austrittsrohr des Kalorimeters mit Thermoelementen gemessen. Aus dem Temperaturgefälle längs der Rohrwand und ihrem Wärmeleitvermögen ergibt sich mit hinreichender Genauigkeit die Veränderlichkeit der Ableitung, die von der größten Strömungsgeschwindigkeit (36 *kg*-Luft/Stunde) bis zur kleinsten (8 *kg*/Stunde) um etwa 2 *kg*-Kal./Stunde variiert. Ebenso sind die Wärmemengen, die durch die auf den Rohren angebrachte Isolierschicht hindurchgehen, bei den verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten um etwa 1 *kg-Kal.*/Stunde veränderlich, was ebenfalls berücksichtigt wurde. Der unveränderliche Teil der Wärmeverluste betrug etwa 5 *kg-Kal.*/Stunde, während im ganzen 200 bis 700 *kg.-Kal.*/Stunde elektrisch zugeführt wurde.

Nach den erwähnten Verbesserungen sind bisher 21 Versuche durchgeführt worden, nämlich 6 bei 1 *at*, 9 bei 25 *at* und 6 bei 50 *at*. Sie ergaben im Mittel für die Temperatur von 60° eine Zunahme der spezifischen Wärme von 1‰ für eine Drucksteigerung von 1 *at*. Dies Ergebnis ist vereinbar mit den Beobachtungen von Regnault[1]). Die Genauigkeit seiner Versuche, die bei Drucken zwischen 1 und 12 *at* angestellt wurden, ließ allerdings mit Sicherheit keine Veränderung mit dem Druck erkennen. Die Beobachtungen von Lussana[2]) ergaben einen viel größeren Wert; für Drucke zwischen 1 und 50 *at* fand er 6‰ Zunahme auf die Atmosphäre.

---

[1]) V. Regnault, *Rel. des exp.* ***11.*** *S. 223. 1862.*

[2]) J. Lussana, *Nuovo Cim. (4)* ***7.*** *1898.*

Nachdem nunmehr die Verbindungen der Hochdruckleitungen durch Auswechselung der Flanschschrauben gegen Schrauben aus hochwertigem Stahl verstärkt worden sind, können die Versuche zunächst bis zu Drucken von 200 *at* weitergeführt werden.

4. Spezifische Wärme und spezifisches Volumen des Wasserdampfes [1]).

Aus bekannten Versuchswerten der spezifischen Wärme c_p des Wasserdampfes für Drucke bis 20 *at* und Temperaturen bis 550° C wurden mit Benutzung thermodynamischer Beziehungen auf zeichnerischem Wege die spezifischen Volumina v gewonnen. Die so erhaltenen Werte stimmen mit den bekannten Versuchswerten von v sehr gut überein. Die Arbeit ist veröffentlicht. (Anhang Nr. 12.)

5. Zustandsgleichung von Argon [2]).

Mit dem im vorjährigen Bericht [3]) beschriebenen Apparat, der im Laufe der Untersuchung nur noch in unwesentlichen Teilen geändert wurde, sind bisher mit einer Genauigkeit von $^1/_2$ ‰ die Isothermen von trockener kohlensäurefreier Luft bei 0° für Drucke zwischen 19 und 152 *m* Quecksilber und bei 100° für Drucke zwischen 19 und 76 *m* Quecksilber festgelegt worden. Alle Drucke sind mit der Druckwage gemessen.

Zur Kontrolle des Hochdruckvolumens wurden bei 0° die pv-Werte mit zwei verschiedenen Piezometern bestimmt. Es ergaben sich in den erwähnten Fehlergrenzen gleiche Werte, ohne daß sich ein Gang geltend machte.

Zur Kontrolle des Niederdruckvolumens und der Niederdruckmessung wurde mit den Glaskolben die Isotherme von Luft bei 15° zwischen $^1/_2$ *m* und 1 *m* Quecksilber ermittelt. Die Resultate stimmten auf 0,1 ‰ mit den Chappuisschen Werten für Stickstoff von 15° überein.

Die Grenze der Genauigkeit der vorliegenden pv-Bestimmung liegt hauptsächlich darin, daß der wirksame Querschnitt der Druckwage nur auf rund 0,3 ‰ genau zu erhalten ist. Es ergaben sich nämlich durch Vergleich mit dem Quecksilber-Manometer bei Drucken zwischen 9 und 12 *m* Quecksilber zu verschiedenen Zeiten folgende Werte des wirksamen Querschnitts q:

11. XI. 11	q = 1,00081 *qcm*		30. IV. 12	q = 1,00097 *qcm*
„	1,00084 „		„	1,00095 „
13. XI. 11	1,00064 „		30. VIII. 12	1,00081 „
„	1,00067 „		„	1,00086 „
„	1,00053 „		31. VIII. 12	1,00080 „
„	1,00059 „		„	1,00066 „
21. XI. 11	1,00066 „		18. X. 12	1,00101 „
„	1,00070 „		„	1,00093 „
29. IV. 12	1,00096 „		30. XI. 12	1,00092 „
„	1,00104 „		„	1,00095 „

Das Mittel aus allen diesen Werten

$$q = 1{,}0008$$

wurde bei Berechnung der obigen pv-Werte zugrunde gelegt. Bemerkt sei, daß sich die Druckwage für Drucke von etwa 9 *m* bis 38 *m* Quecksilber auf 0,1 ‰, für höhere Drucke auf 0,05 ‰ genau abgleichen läßt.

Die Temperatur des Piezometers, das sich, von Quecksilber umgeben, in einem dicken Eisenmantel befindet, stimmte, wenn der Eisenmantel bis zum Ansatz in Eis bzw. in Dampf siedenden Wassers eintauchte, wie mittels Platinthermometers festgestellt wurde, auf 0,01° mit der Temperatur des Eises bzw. des Wasserdampfes überein.

Für die Isothermen von 50°, 150° und 200°, für die auch schon eine Reihe von Messungen vorliegt, ist eine so genaue Messung der Temperatur wie bei 0° und 100° bis jetzt noch nicht erreicht worden. Als Thermostat diente ein elektrisch geheiztes und stark gerührtes Ölbad. Bei dieser Anordnung war infolge der Wärmeableitung des herausragenden Teils

[1]) Jakob.

[2]) Holborn und H. Schultze.

[3]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S.* 123. 1912.

des Eisenmantels die Temperatur des Piezometers etwas niedriger als diejenige des Öls, und zwar hing der Unterschied von der Stärke des Rührens ab. Der Thermostat wird deshalb umgebaut. Von der Einführung des Thermometers in den Eisenmantel ist wegen der technischen Schwierigkeiten abgesehen worden.

Zurzeit werden die Isothermen von Argon bei 0° und 100° für Drucke bis 76 *m* Quecksilber bestimmt.

6. Wärmedurchgang durch feuerfeste Materialien[1]).

Der Apparat zur Untersuchung plattenförmiger Materialien zwischen 20° und 100° C ist fertiggestellt und in Betrieb genommen worden. Es werden damit zunächst auf Antrag aus der Praxis verschiedene Korkplatten und andere Isolierplatten auf Wärmedurchgang untersucht.

7. Setzen von Mauerwerk[2]).

Die Pfeiler sind auch im abgelaufenen Jahre weiter gewachsen. Die Beobachtungen werden fortgesetzt.

II. Elektrizität.

1. Elektrische Einheiten[3]).

a) Allgemeines.

Die so wichtige Prüftätigkeit der Reichsanstalt auf elektrischem Gebiet basiert auf der Sicherheit, Zuverlässigkeit und Unveränderlichkeit der elektrischen Einheiten, wofür, wie sich immer mehr zeigt, Räume konstanter Temperatur von wesentlicher Bedeutung sind.

Der Mangel eines bereits zum Etat für 1910 beantragten Gebäudes mit Räumen konstanter Temperatur macht sich auch bei vielen anderen Arbeiten in recht störender Weise geltend. Es wäre daher sehr zu begrüßen, wenn in den nächsten Etat die Mittel zu einem solchen Gebäude eingestellt würden.

Der Bericht über die in Washington im Frühjahr 1910 im Auftrag des Rayleighschen Komitees ausgeführten internationalen Messungen liegt jetzt bis auf einige kleinere Nachträge gedruckt vor, so daß die Versendung desselben wohl bald erfolgen kann.

b) Widerstandsmessungen.

Die im vorigen Tätigkeitsbericht[4]) erwähnten amerikanischen Widerstände des *Bureau of Standards* in Washington sind, nachdem sie inzwischen in England, Frankreich und Amerika verglichen worden waren, abermals an die Reichsanstalt gelangt, von wo sie über Frankreich und England wieder nach Amerika zurückgesandt wurden. Die Messungen in den verschiedenen Laboratorien zeigen eine so gute Übereinstimmung, als man es erwarten kann, so daß hieraus ein Rückschluß auf die Unveränderlichkeit und Übereinstimmung der Widerstandseinheiten der vier in Betracht kommenden Länder gezogen werden kann.

Auch für das *Laboratoire Central d'Électricité* in Paris wurden zwei Widerstandsbüchsen von 1 Ohm, die Herr de la Gorce mitgebracht hatte, mit der Widerstandseinheit der Reichsanstalt verglichen.

Ebenso wurden auf Wunsch des *Eidgenössischen Amts für Maße und Gewichte* in Bern zwei Manganinbüchsen von 1 Ohm an die Widerstandseinheit der Reichsanstalt angeschlossen.

Der Anschluß der zur Prüfung eingesandter Widerstände dienenden Widerstandsnormale der Abt. II an die vier Manganinnormale der Abt. I, welcher wie alljährlich vorgenommen wurde, zeigte wie früher innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler völlige Übereinstimmung mit den Resultaten früherer Anschlüsse, so daß also auf die Unveränderlichkeit der Widerstandseinheit hieraus geschlossen werden kann. Diese Unveränderlichkeit wurde noch weiter dadurch geprüft, daß die vier Manganinbüchsen wiederum mit den in einem Raum von konstanter Feuchtigkeit befindlichen Büchsen (vgl. die vorigen Tätigkeitsberichte), sowie mit den Quecksilberkopien in Quarzröhren [Tätigkeitsbericht für 1910[5])] und mit den seit März 1910 gefüllt aufbewahrten Ohmnormalen XI und XIV (ibid.) verglichen wurden. Auch die bei diesen Messungen gefundenen Resultate ergeben eine völlige Unveränderlichkeit der Einheit innerhalb der möglichen Versuchsfehler. Über alle mit der

[1]) Jakob.
[2]) Scheel.
[3]) Jaeger, v. Steinwehr, Feustel.
[4]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S. 129. 1912.*
[5]) *Diese Zeitschr.* **31.** *S. 121. 1911.*

Widerstandseinheit seit 1905 ausgeführten Messungen soll jetzt im Zusammenhang berichtet werden.

Angesichts der Tatsache, daß die erwähnten vier Manganinnormale, welche jetzt seit zwanzig Jahren regelmäßig gemessen und an die Widerstandseinheit selbst angeschlossen worden sind, eine so hervorragende Konstanz gezeigt haben, und daß ähnliche Erfahrungen fast mit allen Manganinwiderständen der Reichsanstalt gemacht worden sind, muß eine Bemerkung, welche sich in einer kürzlich veröffentlichten Mitteilung des *Bureau of Standards* findet[1]), als den Tatsachen nicht entsprechend bezeichnet werden. An dieser Stelle wird gesagt, daß die Änderungen der Widerstände nach dem älteren Reichsanstalts-Typ gewöhnlich erheblich größer seien als bei den Widerständen nach Konstruktion des *Bureau of Standards*, und daß besonders bei Widerständen von 1000 Ohm und mehr Änderungen des Widerstandes von bis zu 0,1 Proz. und mehr in zwei bis drei Jahren gefunden worden seien. Die Widerstände der Reichsanstalt sind solche von der ältesten Form und haben niemals derartige Änderungen gezeigt. Falls solche Änderungen in Amerika beobachtet worden sind, so liegen diese weder am Manganin noch an der Konstruktion prinzipiell, sondern es ist vielleicht ein Kontaktfehler, Drahtbruch oder sonst ein Mangel bei der betreffenden Widerstandsbüchse vorhanden.

c) Normalelemente.

Von Messungen internationalen Charakters an Normalelementen wurde im vergangenen Berichtsjahr nur eine ausgeführt, indem eine Anzahl Normalelemente des *Laboratoire Central d'Électricité*, welche Herr de la Gorce von Paris mitgebracht hatte, mit der Spannungseinheit der Reichsanstalt verglichen wurde. Die Abweichungen der Elemente überstiegen nicht die gewohnten Grenzen von wenigen Hunderttausendsteln, so daß auch hier auf eine ausreichende Unveränderlichkeit der Einheiten in beiden Ländern geschlossen werden darf.

2. Magnetische Untersuchungen im Hochfrequenzkreis[2]).

Die immer größere Bedeutung, welche die mit Eisen arbeitende Hochfrequenzmaschine für die drahtlose Telegraphie gewinnt, hat zu der Frage nach den magnetischen Eigenschaften des Eisens im Hochfrequenzkreis geführt. Von diesen Eigenschaften hängt im wesentlichen der Wirkungsgrad dieser Maschinen ab. Die bei niederen Frequenzen gewonnenen Erfahrungen lassen sich aber nicht ohne weiteres extrapolatorisch auf die höheren Frequenzen ausdehnen, da hier der durch die Wirbelströme bedingte magnetische Hauteffekt eine weit größere Rolle spielt als bei niederen Frequenzen. Es wurde ein Verfahren ausgearbeitet und veröffentlicht (Anhang Nr. 6), welches das magnetische Verhalten des Eisens für hohe Frequenzen quantitativ zu untersuchen gestattet. Gleichzeitig wird hierbei, durch eine oszillographische Aufnahme des $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Diagramms, der Gesamtverlust bestimmt.

3. Photographische Aufnahme von Schwingungskurven kleiner Amplitude[3]).

Die Notwendigkeit, bei den Untersuchungen der magnetischen Eigenschaften des Eisens im Hochfrequenzkreis einen zuverlässigen, mit photographischer Registrierung versehenen Hochfrequenz-Oszillographen für kleine Schwingungsamplituden zu verwenden, führte zur Berechnung und Konstruktion einer Braunschen Röhre unter Benutzung der neuesten Erfahrungen. Der Oszillograph ist außerordentlich empfindlich (für Spannungsamplituden bis herab zu 20 Volt verwendbar) und gestattet Momentaufnahmen bis zu $^1/_{10}$ Sekunde, erlaubt also, auch labile Schwingungsvorgänge photographisch zu fixieren. Die Arbeit ist veröffentlicht (Anhang Nr. 8).

4. Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen[4])

Für die photochemische Desozonisierung wurde das Verhältnis der zerstörten Ozonmenge zu der absorbierten Strahlung bestimmter Wellenlängen untersucht, wobei die Ozonkonzentration zwischen 0,5 und 11 Vol.-Proz. variierte. Die höheren Ozonkonzentrationen erhielt man durch Ozonisierung in Siemensröhren bei —79°. Das genannte Verhältnis ergab sich, mit der Ozonkonzentration von 1 Proz. Konzentration ab aufwärts wachsend, größer in

[1]) E. B. Wenner, *Journ. of the Washington Acad. of Sciences* **2.** *S. 414. 1912* (mitgeteilt von E. B. Rosa).

[2]) Faßbender, Hupka.

[3]) Faßbender, Hupka.

[4]) Warburg.

feuchtem als in trockenem Gas, in trockenem Gase um so größer, in je höherem Maß der Sauerstoff durch Stickstoff ersetzt wurde. Eine Lösung von Ozon in nahezu reinem Stickstoff erhielt man, indem man Ozon bei — 175° verflüssigte, den Sauerstoff durch Stickstoff vertrieb und alsdann unter Temperatursteigerung mittels einer Heizspule das Ozon in einen Stickstoffstrom hinein verdampfte[1]).

5. Diffusion von Metallen in Glas[2]).

Dieser Vorgang wurde anläßlich der diesbezüglichen Versuche des Hrn. Günther Schulze (vgl. *diesen Bericht* C. *II*, *20)* unter folgenden Annahmen theoretisch untersucht.

1. Bei der elektrolytischen Leitung sowie bei der Diffusion wandern im Glase nur die positiven metallischen Ionen, so daß die denselben durch osmotische Kräfte erteilte Geschwindigkeit nach dem Vorgang von Nernst aus der elektrolytischen Beweglichkeit berechnet werden kann.

2. Bei der elektrolytischen Leitung des unveränderten Glases wandern nur die Natriumionen 1, welche bei der Diffusion eines andern Metalles 2 durch Ionen dieses Metalles ersetzt werden, so daß die Summe der Ionen 1 und 2 bei der Diffusion nicht verändert wird.

3. Alles Natrium im Glase befindet sich im gleichen Ionenzustand.

4. Die freien Ionen üben im Glase einen osmotischen Druck aus, welcher nach den Gasgesetzen zu berechnen ist.

Unter diesen Annahmen ergibt sich der Diffusionskoeffizient

$$D = \frac{RT}{e} \cdot \frac{1}{N} \cdot \frac{k_1 k_2}{k} \,. \qquad 1)$$

(R Gaskonstante, T absolute Temperatur, e Valenzladung, N Natriumgrammatome im Glase ursprünglich vorhanden, k elektrisches Leitungsvermögen des Glases an der betrachteten Stelle, k_1 Leitungsvermögen des unveränderten Glases, k_2 Leitungsvermögen, wenn alles Natrium durch 2 ersetzt ist.) 2 sei Silber, auf welches die Versuche des Herrn Günther Schulze sich beziehen; dann ist k_2 ungefähr 1,5 k_1 und D in der Diffusionszone variabel. Unter Annahme eines konstanten mittleren D findet man, wenn M die in der Zeit t eingewanderte Silbermenge, indem die Glasoberfläche mit reiner Silbersalzschmelze in Berührung ist,

$$D = \left(\frac{M}{\sqrt{t}}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4 N^2} \,. \qquad 2)$$

In folgenden Punkten wird die Theorie durch die Versuche bestätigt.

1. M ergab sich entsprechend Gleichung 2) zwischen $t = 5$ und 1200 Minuten mit $\sqrt{t}$ proportional.

2. Ändert man die Temperatur des Glases, so ändert sich k_1, und es soll nach 1), indem k_2 und k mit k_1 proportional angenommen werden, D mit $k_1 T$, mithin nach 2) $M/\sqrt{t}$ mit $\sqrt{k_1 T}$ proportional sein. Diese Beziehung zeigte sich nahe erfüllt zwischen Werten von k_1, die im Verhältnis von 1:500 variierten.

---

[1]) Die Herren P. Lenard und C. Ramsauer haben im Jahre 1910 zum Betrieb einer Funkenstrecke ein besonders konstruiertes Induktorium mit Flüssigkeitsunterbrecher und großen Franklinschen Tafeln benutzt und den Apparat als neue Lichtquelle beschrieben. Mit Bezug darauf heißt es in dem II. Tätigkeitsbericht des radiologischen Instituts an der Universität Heidelberg: „Solche Lichtquellen, für Wechselstrom eingerichtet, dienen seither auch in der Physikal.-Technischen Reichsanstalt zu Arbeiten mit ultraviolettem Licht.“ Demgegenüber ist zu bemerken, daß bereits zu den photochemischen Versuchen von Regener im Jahre 1904 (*Sitzungsber. d. Berl. Akad. S. 1228. 1904*) eine Funkenstrecke als Strahlungsquelle diente, ebenso wie bei den obigen Versuchen, bei welchen nur die Kapazität erhöht werden mußte, da es sich hier — im Gegensatz zu den Regenerschen Versuchen — darum handelte, mit spektral zerlegter Strahlung zu arbeiten. Von den besonderen Maßnahmen der Herren Lenard und Ramsauer ist hier nichts benutzt worden. Auf die außerordentlich große Intensität im Ultraviolett der Funkenstrahlung, besonders in dem hier allein in Betracht kommenden Gebiet bis hinab zu etwa 0,2 μ, hat zuerst A. Pflüger (*Ann. d. Physik* **13**. *S. 890. 1904*) hingewiesen.

[2]) Warburg.

3. Aus Diffusionsversuchen ergab sich nach 2)

$$D = 2{,}20 \cdot 10^{-5} \frac{cm^2}{\text{Tag}};$$

aus dem elektrischen Leitungsvermögen ergab sich nach 1)

$$D_1 = 3{,}14 \cdot 10^{-5} \frac{cm^2}{\text{Tag}} \text{ für Natriumglas,}$$

$$D_2 = 2{,}09 \cdot 10^{-5} \frac{cm^2}{\text{Tag}} \text{ für Silberglas.}$$

Der aus dem Diffusionsvorgang berechnete Wert von D liegt zwischen den aus dem elektrischen Leitungsvermögen berechneten Werten D_1 und D_2. aber viel näher an D_2. In der Tat kommt es für den Eintritt des Silbers an der Silberseite mehr auf D_2 als auf D_1 an.

III. Strahlung.

1. Bestimmung der Konstanten c des Strahlungsgesetzes schwarzer Körper[1]).

Die Untersuchung ist abgeschlossen und veröffentlicht (Anhang Nr. 19). Für Normalbestimmungen kommt nur die Methode der Isochromaten in Betracht. Bei Versuchen mit dem offenen Strahler nach Lummer und Kurlbaum wurden immer dieselben Temperaturen T_1 und T_2 thermoelektrisch reproduziert, dabei das im Strahler befindliche Thermoelement nach Bedarf an ein als unveränderlich erwiesenes Normalthermoelement angeschlossen. Es war

$$T_1 = 1337^0 \pm 1^0,$$

nämlich um 1,2° höher als der Goldschmelzpunkt, für welchen nach Day und Sosman $T = 1335{,}8^0$ angenommen wurde, indem bei der Reduktion auf die absolute Skale die Angabe des Day-Sosmanschen Stickstoffthermometers hier um 0,3° zu erhöhen ist.

T_2 wurde nicht, wie bisher üblich, unabhängig von T_1, sondern aus T_1 nach dem Verschiebungsgesetz radiometrisch bestimmt. Dies hat den wichtigen Vorteil, daß Fehler in c wegen unrichtiger Bestimmung von T_1 im Verhältnis $(T_2 - T_1)/T_2$ verkleinert werden. Ebenso vermindern sich die Fehler wegen unvollkommener Schwärze, welche sowohl T_2 wie das Intensitätsverhältnis q_{21} bei T_2 und T_1 zu groß erscheinen lassen, so daß zwei Fehler sich teilweise kompensieren.

Aus Versuchen mit Quarzprismen ergab sich unter Berücksichtigung der kleinen Quarzabsorption[2])

$$T_2 = 1673{,}4^0 \pm 0{,}6^0.$$[3])

Photometrisch wurde für $\lambda = 0{,}6563$ gefunden $\log q_{21} = 1{,}431$, woraus $c = 14385$.

Für vier Wellenlängen im ultrarot 1,132; 1,329; 1,588; 2,172 wurde q_{21} durch 6 verschiedene dispergierende Apparate aus Quarz und Flußspat gemessen. Sehr gut war die Übereinstimmung bei $\lambda = 1{,}588\ \mu$ mit $\log_{10} q_{21} = 0{,}5922 \pm 0{,}0001$, woraus $c = 14362$. Bei den anderen Wellenlängen zeigten sich systematische Abweichungen, welche wahrscheinlich von kleinen Fehlern in der Dispersionskurve des Flußspats herrühren, so daß diese Messungen ausscheiden.

Tabelle 1.

Quarzprisma 60° $T_1 = 1337^0$ $T_2 = 1673{,}4^0$

λ	c aus Isochr.	c aus Isoth. 1337°	c aus Isoth. 1673,4°
0,6563	14 385	—	—
1,132	14 395	14 381	14 391
1,329	14 386	14 415	14 487
1,588	14 360	14 342	—
2,172	14 379	—	14 288
Mittel	14 381		

[1]) Warburg, Hupka, Müller.

[2]) Die Quarzabsorption wurde an einer besonderen 3,5 cm dicken Quarzplatte gemessen. Sie wird bei neuen Versuchen an einer Platte gemessen, aus welcher hernach das Prisma geschnitten werden soll.

[3]) Nach der Day-Sosmanschen Skale war T_2 nach einem von Herrn Day erhaltenen Thermoelemente 1675°.

Die vorstehende Tabelle gibt alle Bestimmungen mit dem Quarzprisma von 60° wieder, für welches die Dispersion am größten, die Spaltbreitenkorrektion am kleinsten ist.

Die c-Werte aus verschiedenen Wellenlängen zeigen hier keinen Gang, der Mittelwert für Isochromaten ist 14381.

Mit diesem Prisma wurden auch Versuche bei höheren Temperaturen unter Anwendung des Vakuum-Kohlestrahlers vorgenommen; dieser konnte durch Verschieben des Mittelblocks bis zum fast völligen Verschwinden des letzteren ausgeglichen werden, was bei dem offenen Strahler nicht gelingt. Es war

$$T_1 = 1673{,}4^{\circ}, \quad T_2 = 2238{,}3^{\circ}.$$

Die Einstellung des Kohlestrahlers auf T_1 erfolgte, indem man das Verhältnis der prismatischen Intensitäten bei zwei Wellenlängen ($\lambda = 1{,}132$ und $1{,}709$) in ihm auf denselben Wert brachte, welchen der offene Strahler nach thermoelektrischer Einstellung auf 1673,4° zeigte. Die Ergebnisse waren folgende:

Tabelle 2.

Quarzprisma 60° $T_1 = 1673{,}4^{\circ}$ $T_2 = 2238{,}3^{\circ}$

λ	c aus Isochr.
0,6563	14 335
1,132	14 354
1,329	14 351
1,588	14 370
2,172	14 425
Mittel	14 367

Die vier Normalbestimmungen liefern $c = \frac{1}{4}(14385 + 14362 + 14381 + 14367) = 14374$, oder abgerundet

$$c = 14370 \pm 40 \quad \text{und}$$
$$\lambda_m T = 2894 \pm 8.$$

Die Unsicherheit ± 40 rührt besonders von Unsicherheiten in T_1 und T_2 her. Die Doppelbrechung des Quarzes gibt bei den benutzten Prismen nach einer Diskussion Schönrocks zu keinen merklichen Fehlern Veranlassung. Die c-Werte aus Isothermen stimmen hiermit nach Tab. 1 hinreichend überein, scheiden aber für Normalbestimmungen aus.

Die folgende Tabelle dient zur Vergleichung des gefundenen c-Wertes mit der Day-Sosmanschen Skale, indem aus dem Helligkeitsverhältnis beim Palladium- und Goldschmelzpunkt die Temperatur des ersteren mit $c = 14370$ berechnet ist.

Tabelle 3.

λ	q_{21}	T_2	t_2
0,5893	131 ± 2,6 (Nernst u. v. Wartenberg)	1822,5° ± 3°	1548,9° ± 3°
0,6563	80,5 (Hoffmann u. Meißner)	1824,1°	1550,5°
„	81,5 (Hoffmann u. Meißner, neuere Bestimmung nach anderer Methode[1])		1552,4°
		Mittel	1550,6°

t_2 bezieht sich auf die Day-Sosmansche Stickstoffskale, welche bei Reduktion auf die absolute Skale am Palladiumschmelzpunkt um + 0,5° zu korrigieren ist. Day und Sosman finden $t_2 = 1549{,}2^{\circ}$.

Während mithin die Quarzversuche untereinander und mit gasthermometrischen Messungen befriedigend übereinstimmen, zeigen die Flußspatversuche in beiden Hinsichten erhebliche Unstimmigkeiten.

[1]) Vgl. *diesen Bericht* **C. III**, 4.

Erstens lieferte das Flußspatprisma von 60° die Temperatur des offenen Strahlers um etwa 8° tiefer als die Day-Sosmansche Skale, bei Anwendung von zwei Flußspatprismen hintereinander erniedrigte sich diese Differenz auf 5,2°; die Einschaltung einer 3,5 *cm* dicken Quarzplatte änderte hieran nichts. Zweitens ergaben sich die c-Werte verschieden je nach der zur Bestimmung benutzten Wellenlänge, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

Tabelle 4.
Flußspatprisma 60° $T_1 = 1337°$ $T_2 = 1666,9°$

λ	c aus Isochr.	c aus Isoth. 1337°	c aus Isoth. 1666,9°
0,6563	14 608	—	—
1,132	14 491	14 368	14 282
1,330	14 573	14 491	14 411
1,589	14 599	14 511	—
2,173	14 625	—	14 625

Hier zeigt sich sowohl bei den Isochromaten wie bei den Isothermen im Ultrarot ein Gang der c-Werte derart, daß sie mit zunehmender Wellenlänge wachsen, während die Isochromate von $\lambda = 0,6563$ wieder einen höhern Wert liefert als die Isochromate von 1,132. Derselbe Gang wurde bei Flußspatversuchen zwischen 1337° und 1900° beobachtet.

Die Ergebnisse an Isochromaten deuten entschieden auf kleine Fehler in der Dispersionskurve.

Die Wellenlänge λ_m maximaler Emission ergab sich bei 1337° isothermisch, also unabhängig von radiometrischer Temperaturmessung, aus $\lambda = 1,588$ bei Quarz zu 2,160, bei Flußspat zu 2,186. Dieser Unterschied beruht ebenso wie der Unterschied der radiometrisch bestimmten Temperaturen darauf, daß die Intensität von längeren zu kürzeren Wellen bei Flußspat schneller abfällt als bei Quarz. Nun zeigt Flußspat eine Menge von Einschlüssen, welche zu inneren Reflexionen Anlaß geben, und es schien möglich, daß mit diesem Umstande die erwähnten Unterschiede zusammenhängen. Als man aber unter Anwendung eines Quarzprismas eine 30 *mm* dicke Flußspatplatte in den Strahlengang einschaltete, ergaben sich zwar Unterschiede in der erwarteten Richtung, aber zu kleine, als daß sie für die gesuchte Erklärung genügt hätten.

Jedenfalls lassen die besprochenen Tatsachen den Flußspat vorläufig nicht als ein einwandfreies Material für c-Bestimmungen erscheinen und führen dazu, die Ergebnisse der Flußspatversuche zu verwerfen.

2. Wellenlänge der Trabanten einzelner Spektrallinien[1]).

Die bereits im vorjährigen Tätigkeitsbericht erwähnte, mittels keilförmiger Platten gefundene Struktur der Hauptlinie von Hg λ 5461 wurde auch mit planparallelen Platten gesucht und bestätigt. Die Versuche über die Struktur der Linien der Alkalimetalle wurden weitergeführt.

3. Interferenzen keilförmiger Platten[2]).

Die Untersuchung der an keilförmigen Platten bei beliebigen Einfallswinkeln gefundenen *scharfen* Interferenzstreifen wurde abgeschlossen, die Resultate sind publiziert (Anhang Nr. 14). Danach ist als feststehend zu erachten, daß bei verschiedenen Anordnungen die bisherigen hohen Anforderungen an die Güte der planparallelen Platten in *einem* Punkte, nämlich hinsichtlich der Parallelität, nachgelassen werden können, da ein geringer Keilwinkel zwischen den ebenen Oberflächen der Platten nicht stört, wenn das Licht in der Hauptebene der Keilplatte läuft. Z. B. wird das früher angegebene Interferenzprisma (vgl. *diese Zeitschr.* **30.** *S. 115. 1910.*) technisch nunmehr leichter herstellbar sein als früher, da die Forderung außerordentlich genauer Parallelität der gegenüberliegenden Flächen wahrscheinlich nicht mehr erhoben zu werden braucht.

[1]) Janicki.
[2]) Gehrcke, Janicki.

4. Wellenlängennormale 3. Ordnung[1]. Es wurden die Einrichtungen an dem großen Beugungsgitter, dessen Aufstellung die Firma Krupp-Essen der Reichsanstalt geschenkt hatte (vgl. *diese Zeitschr.* ***29.*** *S. 118. 1909*), so weit vervollständigt, daß nunmehr spektrographische Untersuchungen mit diesem Apparat ausführbar sind. Als erste zu bearbeitende Aufgabe wurde die Herstellung von Wellenlängennormalen 3. Ordnung in Angriff genommen. Photographische Aufnahmen der Bogenspektra von Eisen, Nickel, Mangan zwischen λ 4000 bis 6500 lassen erkennen, daß die praktisch erhältliche Auflösung des Gitters nicht hinter der theoretisch berechneten zurücksteht (die Dispersion beträgt in 1. Ordnung pro 1 *mm* 2 Å.-E.). Hiernach ist zu erwarten, daß den Anforderungen der *International Union for Cooperation in Solar Research*, betreffend die Herstellung von Wellenlängennormalen 3. Ordnung, genügt werden kann, und daß sich eine Ergänzung der bisher vorliegenden Wellenlängentabellen wird geben lassen.

5. Positive Strahlen[2]. Es wurden bei Verwendung einer Gasentladung zwischen zwei Metallplatten, die durch einen Wehnelt-Strahl primär angeregt war, sehr langsame Kanalstrahlen (bis herab zu ca. 50 Volt) erzeugt. Diese langsamen Strahlen sind, wie gefunden wurde, noch immer imstande, im Gase Leuchten und Ionisation hervorzurufen. Sie werden durch die Gasteilchen sehr stark deflektiert, so daß die Erzeugung eines wohldefinierten Strahlenbündels schwierig ist.

6. Anodenfall[3]. Im Anschluß an frühere Versuche und an die im physikalischen Institut der Universität Freiburg i. B. angestellten Untersuchungen von Herrn Raisch über die Anodenfälle in Halogendämpfen wurden Messungen dieser Anodenfälle für verschiedene Materialien und verschiedene Formen dieser Materialien angestellt. Während Herr Raisch angegeben hatte, daß sich auch für chemisch unangreifbare Anoden aus Magnetit der Anodenfall im Chlor nicht wesentlich von dem in anderen Gasen beobachteten unterscheidet, so wurde gefunden, daß in elektronegativen Gasen wie Chlor, Jod eine beträchtliche Abhängigkeit des Anodenfalls von der Größe der Anodenoberfläche stattfindet; wenn z. B. die Oberfläche der Anode aus Magnetit von 600 mm^2 auf 10 mm^2 (in Joddampf von ca. 1 *mm* Druck) verkleinert wurde, so stieg der Anodenfall von normalen Werten (ca. 50 Volt) auf 1000 Volt und mehr. Dieses Verhalten steht in Parallele zum Verhalten der Kathode in gewöhnlichen Gasen; man hat also in elektronegativen Gasen einen normalen und einen anomalen Anodenfall.

7. Messung von ε/μ an Kathodenstrahlen[4]. Beim Experimentieren mit Kathodenstrahlen zum Zwecke, für eine ε/μ-Bestimmung geeignete Anordnungen herzustellen, wurde bemerkt, daß an den Übergangsstellen vom Gase zu einem metallischen Leiter elektrische Doppelschichten von großer Variabilität auftreten, welche die Messung des von den Strahlen durchlaufenen Potentialgefälles sehr behindern. Es mußte daher zunächst das Verhalten dieser Doppelschichten hinsichtlich ihrer zeitlichen Konstanz und ihrer Abhängigkeit vom Material bzw. von der Bestrahlung der Oberfläche durch Kathodenstrahlen näher studiert werden. Die Versuche sind noch im Gange.

8. Leuchten von Gasen unter dem Einfluſs von Kathodenstrahlen[5]. Im Anschluß an die zuletztgenannten Versuche wurde gefunden, daß die Farbe eines Kathodenstrahls von seiner Geschwindigkeit abhängt, und daß sich die verschiedenfarbigen Teile einer Gasentladung durch Kathodenstrahlen verschiedener Geschwindigkeiten erhalten lassen. Man kann auf diese Weise verschiedene Spektra eines Gases voneinander trennen. Die Ergebnisse sind zum Teil bereits veröffentlicht (Anhang Nr. 10).

9. Radioaktive Untersuchungen[6]. Mit der Einrichtung des Laboratoriums für Arbeiten auf dem Gebiete der Radioaktivität wurde im Oktober 1912 begonnen. Es sind zunächst zwei Arbeitsräume im magnetischen Häuschen in Gebrauch genommen und dort eine Reihe von Apparaten für radioaktive Messungen aufgestellt, unter anderem eine Anordnung zur genauen Gehaltsbestimmung von Radiumpräparaten und Vorrichtungen für die häufig wiederkehrende Auf-

[1]) Janicki.
[2]) Seeliger.
[3]) Reichenheim.
[4]) Gehrcke, Seeliger.
[5]) Gehrcke, Seeliger.
[6]) Geiger.

gabe, Radiumemanation von Radium abzutrennen und zu konzentrieren. Außerdem gelangte eine Hochspannungsbatterie von 2000 Volt zur Aufstellung.

Dem Laboratorium ist auch die Erledigung der Anträge auf Prüfung radioaktiver Präparate überwiesen; die dafür nötigen Einrichtungen sind getroffen. Seit Oktober wurden vier stark-radioaktive und drei schwach-radioaktive Präparate gemessen. Als Grundlage für die Messung starker Präparate diente seit Dezember 1912 ein mit dem internationalen Standard in Paris verglichener, sekundärer Standard von 19,73 *mg* Radiumchlorid.

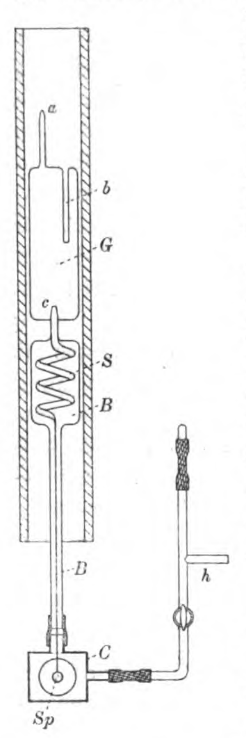
(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Gasdruckmessungen mit Spiralmanometern aus Quarzglas.

Von G. Preuner und W. Schupp, bzw. G. Preuner und I. Brockmöller.
Zeitschr. f. physikal. Chem. ***68.*** *S. 129. 1909 und* ***81.*** *S. 129. 1912.*

Ladenburg und Lehmann (*Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***8.*** *S. 20. 1906*) zeigten zuerst, wie man Glasmanometer nach dem Prinzip der Bourdonschen Spirale herstellen und benutzen könne. Die Vorrichtung ist später mehrfach modifiziert worden; insbesondere benutzten Preuner und Schupp bei ihren Messungen der Dissoziationsisothermen des Schwefels zwischen 300° und 850° das Prinzip der Bourdonschen Spirale zur Konstruktion eines Manometers aus Quarzglas, das in der Fig. dargestellt und hier kurz beschrieben werden möge.



Aufgabe ist, den Druck in dem hocherhitzten Verdampfungsgefäß *G* zu bestimmen, das etwa 130 *ccm* Inhalt hat. Zu diesem Zwecke steht *G* bei *c* mit dem Innern der druckempfindlichen Spirale *S* in Verbindung, die in vier Windungen aus sehr dünnem, plattgedrücktem Quarzglasrohr gefertigt ist. Am geschlossenen Ende setzt sie sich in eine 35 *cm* lange Quarzstange von ungefähr 1 *mm* Dicke fort, die einen leichten Spiegel *Sp* trägt. Die Spirale und die Quarzstange sind von dem Mantelgefäß *B* umgeben, an dessen unterem röhrenförmigen Teil ein aus Nickel gefertigtes Gefäß *C* gasdicht angeschlossen ist; das Gefäß trägt auf einem Rohransatz eine Glasplatte, hinter der sich der Spiegel befindet. Während des Versuches ist das Rohr *a* zugeschmolzen und *B* und *C* stehen durch das Ansatzrohr des Nickelgefäßes über *h* mit einem Quecksilber-Manometer in Verbindung. *b* dient zur Einführung eines Thermoelementes oder eines Platinwiderstandsthermometers.

Der Apparat besteht also aus zwei vollkommen voneinander getrennten Teilen, dem Verdampfungsgefäß *G* mit Spirale und dem mit *C* und dem Manometer verbundenen Teil *B*. Ein Druckunterschied in den Räumen *G* und *B* zeigt sich in der Verschiebung des Spiegels. Die Nullage des Spiegels, entsprechend gleichem Druck innerhalb und außerhalb der Spirale, wurde durch Fernrohrablesung festgestellt. Bei 2 *m* Skalenabstand ergab eine Druckdifferenz von 1 *mm* Quecksilber noch eine deutliche Verschiebung von einem halben Skalenteil.

Die Nullage des Spiegels bleibt im allgemeinen konstant, wenn man nicht auf allzuhohe Temperaturen (etwa nur bis 850°) geht. In höheren Temperaturen erleidet die Spirale infolge der Verringerung der Elastizität des Quarzglases eine Drehung, welche zu derjenigen hinzukommt, die durch den im Innern entstehenden und zu messenden Druck bewirkt wird, und wegen welcher an den Messungsergebnissen eine entsprechende Korrektion anzubringen ist.

Da die Korrektion sehr unsicher ist, so suchten Preuner und Brockmöller ihre Anbringung durch Beseitigung der Fehlerquelle selbst zu umgehen. Sie legten zu diesem Zweck die ganze Apparatur, die früher (vgl. Fig.) vertikal stand, horizontal; die Druckempfindlichkeit blieb auch dann noch genügend, wenn man die den Spiegel tragende Quarz-

stange durch eine kleine Schneide unterstützte und das Nickelgefäß vor jeder Ablesung durch ein kleines, elektrisch betriebenes Klopfwerk ein wenig erschütterte. Bei der horizontalen Lage des Apparates war es nun leicht möglich, das Verdampfungsgefäß und das Mantelgefäß mit Spirale in verschiedenen Öfen zu erhitzen. Der Versuch wurde dann so geleitet, daß das Mantelgefäß mit Spirale auf eine Temperatur erhitzt wurde, die höher als die Versuchstemperaturen war und dauernd konstant blieb. Währenddessen wurde das Verdampfungsgefäß auf die verschiedenen Temperaturen gebracht, bei denen die Messung vorgenommen werden sollte. So wurde eine völlige Unabhängigkeit von der Elastizitätsänderung der Spirale erzielt; es war möglich, Messungen bei steigender wie sinkender Temperatur im Verdampfungsgefäß vorzunehmen und jederzeit die Nullage zu kontrollieren.

Es wird nicht empfohlen, die Spiralen sehr dünnwandig herzustellen und dadurch druckempfindlicher zu machen. Das Quarzglas an und für sich bleibt zwar bei den Versuchsbedingungen genügend gasdicht. Es finden sich indessen in den dünnen Wandungen manchmal fehlerhafte Stellen, kaum sichtbare Längsrillen, die mehr oder weniger gasdicht sind. Diese schadhaften Stellen aufzusuchen, war schwierig, da der Apparat nach einigen Versuchsreihen sein durchsichtig glattes Aussehen verlor, namentlich dann, wenn die Temperatur auf 1200° gesteigert wurde. *Schl.*

Die Molekularluftpumpe.

Von W. Gaede. *Die Naturwissenschaften* ***1.*** *S. 11. 1913.*

Über das Prinzip und zum größten Teil die Ausführungsform ist in *dieser Zeitschr.* ***32.*** *S. 299. 1912* bereits berichtet worden. In der vorliegenden Veröffentlichung wird einiges über die innere Einrichtung, insbesondere die dynamische Öldichtung, mitgeteilt, was hier kurz wiedergegeben sein möge.

In Fig. 1 u. 2 sind der Quer- und Längsdurchschnitt durch die Pumpe dargestellt. In dem Gehäuse *B* rotiert der Zylinder *A* um die Welle *a*, welche in den luftdicht aufgeschraubten Scheiben *E* gelagert ist. In den Zylinder sind die Nuten *D* eingeschnitten. In die Nuten ragen die am Gehäuse befestigten Lamellen *C* hinein. *F* sind die Ölbehälter und *G* ist eine Stellvorrichtung, welche verhindert, daß die Lamellen *C* an die Nutenwandungen des rotierenden Zylinders anstreifen. *H* ist die Riemenscheibe für direkten Motorantrieb; das früher benutzte Vorgelege ist fortgelassen.

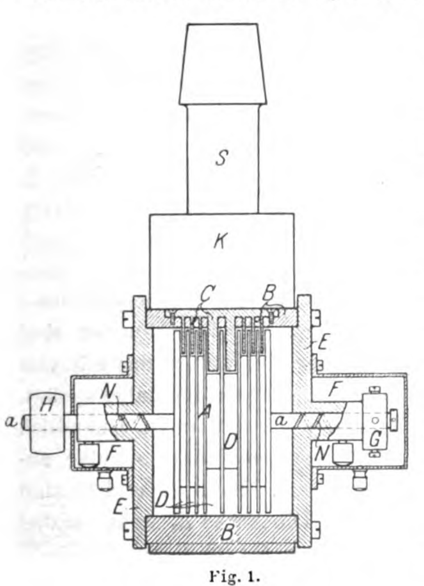


Fig. 1.

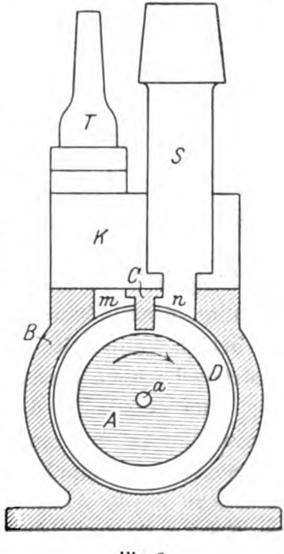


Fig. 2.

Die Fig. 2 läßt die schon im vorigen Referat angegebene Anordnung mehrerer Saugnuten erkennen, die hintereinander geschaltet sind, so daß sich ihre Wirkungen addieren. Der Druck in der mittleren Nut ist am kleinsten und steigt gleichmäßig nach den beiden Enden des Zylinders bis zu dem Gasdruck, den die Hilfspumpe in dem Gehäuse erzeugt.

Die Abdichtung an der Durchführungsstelle der Welle ist, wie schon früher bemerkt, durch Ölabschluß erreicht. Das Eindringen des Öls in das Pumpengehäuse ist durch eine in die Welle eingeschnittene Spiralnut *N* verhindert, die während der Rotation das Öl dynamisch entgegen dem äußeren atmosphärischen Überdruck zurückdrängt. Diese Vor-

richtung hat sich bei Dauerbetrieb ausgezeichnet bewährt. Die Spiralnut hat nur dann eine Wirkung, wenn die Welle rasch rotiert. Daraus ergibt sich als wesentlichste Vorschrift für die Bedienung der Pumpe, daß die Pumpe zuerst in Rotation versetzt und dann mit der Vorpumpe verbunden wird. Beim Abstellen muß zuerst Luft in die Pumpe eingelassen und dann der Motor, der die Pumpe antreibt, abgestellt werden. *Schl.*

Ein Schleif-Goniometer.

Von V. Goldschmidt. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **51.** *S. 358. 1912.*

Das in den Fig. 1—3 dargestellte Instrument dient zur Herstellung orientierter Schliffe von Kristallen, wie solche häufig bei optischen Studien, bei Ätzversuchen, Härtebestimmungen usw. Verwendung finden. Das Instrument, von welchem die Fig. 1 eine perspektivische Gesamtansicht zeigt, besteht in der Hauptsache aus zwei Teilen: aus einem *zweikreisigen Reflexions-Goniometer* und der eigentlichen *Schleifeinrichtung*. Der Dreh- oder Meßteil des Goniometers setzt sich zusammen aus der immobilen Achse A_1 und einer mobilen Achse mit den

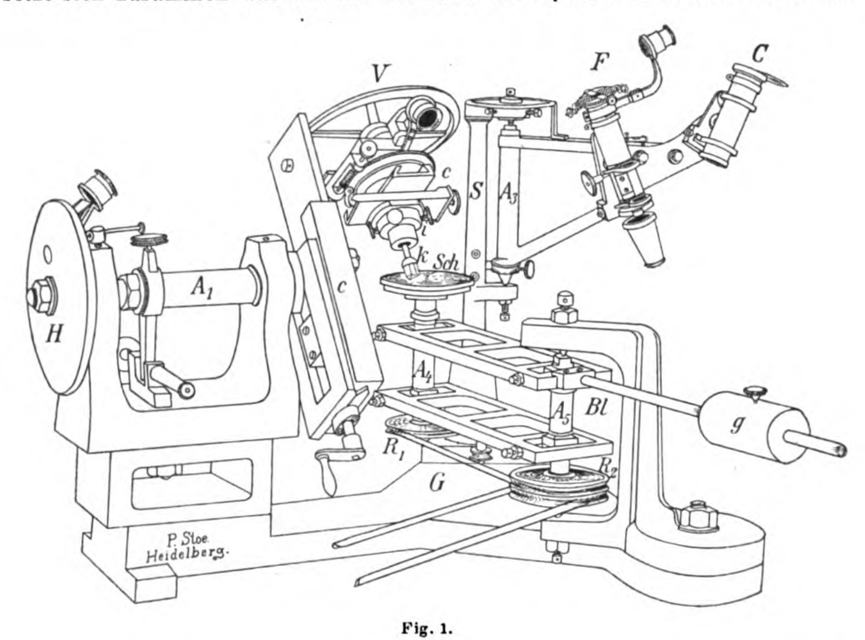


Fig. 1.

zugehörigen Teilkreisen H und V. Am inneren Ende der Achse A_1 ist ein Zentrierschlitten c befestigt, dessen beweglicher Teil das mobile Kreissystem V trägt. Mit V verbunden sind die beiden kreuzweise angeordneten Zentrierschlitten c, von denen der untere das mit vier Zentrierschrauben versehene Kugelgelenk i für den einsteckbaren Halter des Kristalles k trägt.

Der *optische Teil* des Goniometers besteht aus dem Kollimator C und dem auf Unendlich akkomodierten und zur Betrachtung des Kristalles mit einer vor der Austrittspupille angebrachten wegklappbaren Lupe versehenen Beobachtungsfernrohr F. Beide (F und C) sind an einem um die Achse A_3 wegklappbaren Trägerarm befestigt. Die Achse A_3 steht parallel zur Flächennormale, also zur Halbierungslinie zwischen den Achsen C und F und ist senkrecht zur Grundplatte G des Instrumentes justiert, so daß bei jeder Drehung um die Achse A_3 die Flächennormale stets gleich (und zwar vertikal) gerichtet bleibt. Die Grundplatte des Instruments wird durch eine Libelle horizontiert.

Die *Schleifvorrichtung* besteht aus einem den Balancier bildenden Parallelogramm mit dem Gegengewicht g, der Schleifscheibe Sch und den beiden Achsen A_4 und A_5 mit den zugehörigen Antriebrollen R_1 und R_2. Der Antrieb erfolgt durch einen kleinen Elektromotor direkt auf die Rolle R_2 und von dieser durch einen Schnurlauf weiter auf die Rolle R_1. Mit Hilfe des Parallelogrammes ist es möglich, die Schleifscheibe während des Schleifprozesses

zu heben und zu senken und durch Drehen um die Achse A_5 seitlich zu bewegen, wobei die Schleifscheibe stets horizontal bleibt.

Das *Arbeiten mit dem Apparat* zerfällt in 3 getrennte Operationen, und zwar 1. Justieren des Kristalles: Nachdem man den Kristall mit einem genügend harten Wachskitt an seinem Träger befestigt hat, dreht man den aus Kollimator und Fernrohr bestehenden optischen Teil nach der Mitte (Fig. 2). Man hat jetzt ein komplettes zweikreisiges Goniometer, mit Hilfe dessen man den Kristall zentriert und sodann durch eine Messung einen Nullmeridian bestimmt. Die Polfläche des Kristalls liegt horizontal, also nach oben. 2. Einstellen der Schliffläche: Sind Pol und Nullmeridian festgelegt, so kann man jede Fläche durch Drehen der beiden Kreise *H* und *V* horizontieren. Die Schliffläche liegt hierbei zunächst nach oben.

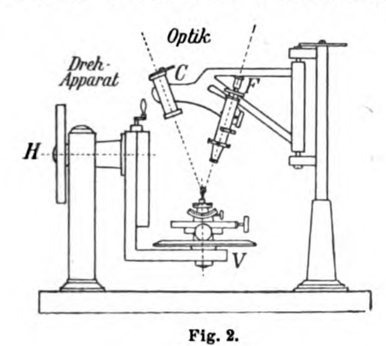


Fig. 2.

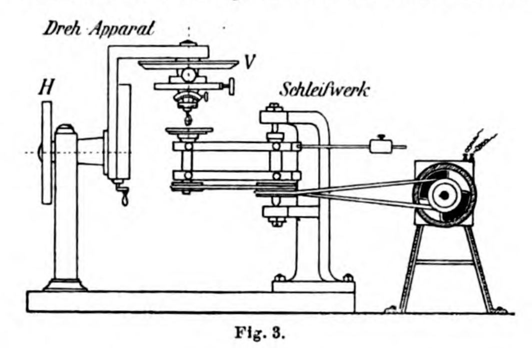


Fig. 3.

Um sie zum Zwecke des Schleifens nach unten zu bringen, hat man weiter nichts nötig, als den Vertikalkreis *H* um 180° zu drehen. Um jeweilig zu prüfen, ob die angeschliffene und anpolierte Fläche ihre richtige Position besitzt, dreht man wieder den Kreis *H* um 180° zurück, stellt dann die Schliffläche in den Pol und kontrolliert, ob die Schliffläche ein Reflexbild bei der erforderlichen Kreiseinstellung liefert. 3. Schleifen und Polieren (Fig. 3): Zunächst wird der optische Teil des Instrumentes ausgeschaltet, die Schliffläche an ihre Stelle gebracht und die Schleifscheibe in Bewegung gesetzt. Während der Rotation der Scheibe bewegt man diese mit der Hand in üblicher Weise seitlich hin und her, damit sie an verschiedenen Stellen in Anspruch genommen wird. Hat man durch Schleifen mit verschiedenen Schmirgel-Sorten eine Schliffläche in erwünschter Größe erreicht, so wird die Schleifscheibe durch eine Polierscheibe ersetzt und die Fläche poliert. Die Prüfung der Größe und Politur der Fläche erfolgt am einfachsten durch einen unter die angeschliffene Fläche gehaltenen kleinen Spiegel, während man die Lage der Fläche und deren Planheit am besten in der bereits oben erwähnten Weise mit Hilfe des Kollimators und Beobachtungs-Fernrohrs kontrolliert.

Die mit dem Apparat erreichbare Genauigkeit in bezug auf die gegenseitige Lage der Flächen beträgt etwa 5'. — Gewünschtenfalls kann man auch mit dem Apparat orientierte *Schnitte* ausführen, wenn man die Schleifscheibe durch eine Schneidescheibe ersetzt.

Leiss.

Ein Mikropyrometer.

Von G. K. Burgess. *Journ. of the Washington Acad. of Science* **3.** *S. 7. 1913.*

Der Verf. hat früher[1]) eine Methode angegeben zur Schmelzpunktsbestimmung sehr kleiner Mengen von Metallen oder Salzen. Dieselbe besteht darin, daß die Proben auf einem elektrisch geheizten Platinstreifen zum Schmelzen gebracht werden, was man am besten durch ein Mikroskop beobachtet, während gleichzeitig mit einem Pyrometer die Helligkeit des Platinstreifens gemessen wird. Das Mikropyrometer vereinigt Mikroskop und Pyrometer in demselben Instrument, indem nach dem Prinzip des Pyrometers von Holborn und Kurlbaum eine kleine Glühlampe zwischen Objektiv und Okular des Mikroskopes angeordnet wird, von dessen Faden ebenso wie von dem Platinstreifen ein deutliches Bild im Auge des Beobachters entsteht. Der Strom der Glühlampe wird so eingestellt, daß die Helligkeit des

[1]) *Bull. of the Bureau of Standards* **3.** *S. 345. 1907.*

Fadens und des Platinstreifens übereinstimmen. Die Stromstärke der Lampe gibt sodann ein Maß für die schwarze Temperatur des Platinstreifens. Die Eichung der Anordnung geschieht mit Metall- oder Salzproben bekannter Schmelztemperatur. *Hng.*

Verbesserungen an Kondensator-Influenzmaschinen.

Von H. Wommelsdorf. *Ann. d. Physik* **39.** *S. 1201. 1912.*

Die vom Verf. konstruierte sogenannte Kondensator-Influenzmaschine ist nach zwei Richtungen verbessert. Die isolierende Wirkung des Hartgummis ist durch einen Überzug von künstlichem Bernstein (auch Bakelit genannt, ein Kondensationsprodukt von Phenolen mit Formaldehyd) ganz wesentlich erhöht worden. Ferner stellte es sich als vorteilhaft heraus, die in den rotierenden Scheiben erzeugte Elektrizität durch kleine, leicht auswechselbare Stahldrähte abzuleiten, die auf dem Rand der Scheiben schleifen. Mit solchen Maschinen wurden bei nur einer rotierenden Platte Funkenlängen bis 36 *cm* und Stromstärken bis 0,6 Milliamp. erzielt. Die Wirkung soll nahe proportional der Anzahl der rotierenden Platten wachsen. *Hng.*

Bücherbesprechungen.

Dokulil, Th., Anleitung für die Herstellung und Justierung geodätischer Instrumente. Teil II: Nivellierinstrumente, Tachymeter, photogrammetrische Instrumente, Kartierungsinstrumente und Planimeter. gr. 8°. IV, 328 S. mit Abbild. Verlag des „Mechaniker" (M. Harrwitz), Nikolassee 1911. Geb. 6,50 M.

In diesem II. Teil seines Buches behandelt der Verf. die im obigen Titel aufgezählten geodätischen Instrumente. Am Beginn stehen die Nivellierlatten in zahlreichen Bemalungsmustern der *cm*-Teilung (von Fein-Nivellierlatten findet sich nur das Modell der preußischen Landesaufnahme), dann folgen die Nivelliere: hydrostatische als Schlauchkanalwage, offene und geschlossene Kanalwage, Libellendiopterinstrumente, Libellenfernrohrinstrumente mit Ringfernrohren und festen Fernrohren, Taschennivelliere und Pendelnivelliere. Als „Universalnivellierinstrumente" (4.) werden nach österreichischem Gebrauch Nivellierinstrumente mit Höhenbogen oder Höhenkreis bezeichnet, und es werden dann vier verschiedene Typen davon unterschieden. Bei den Tachymetern (5.) werden die früher in der Regel üblichen Kreistachymeter in solche „älterer" und „neuerer" Konstruktion eingeteilt, natürlich ziemlich willkürlich; von automatischen und Reduktionstachymetern werden angeführt: Tichý-Starke, Hammer-Fennel und Láska-Rost, an Schiebetachymetern Wagner-Fennel und die zwei Puller-Breithauptschen. Die zugehörigen Distanzlatten bringt der kurze Abschnitt 6; von den zahlreichen, nicht aus Österreich oder Deutschland stammenden Konstruktionen neuerer Tachymeter wird keine angeführt. Abschnitt 7 enthält die photogrammetrischen Instrumente, Phototheodolite und photogrammetrische Universale, wobei die neuere Form der Phototopographie oder allgemeiner Photogrammetrie, die Stereo- oder Parallaxen-Photogrammetrie außer Betracht bleibt, vielmehr nur die Instrumente für die ältere Form, die Intersektionsphotogrammetrie, aufgenommen sind. Die Kartierungsinstrumente (8.) umfassen Auftragapparate für Längen und für rechtwinklige Koordinaten (Koordinatographen, Abschiebedreiecke, Maßstäbe), für Polarkoordinaten, dann Reduktionszirkel, Pantographen. Der letzte Abschnitt endlich (9.) behandelt die Planimeter, Fadenplanimeter und Polarplanimeter, muß sich freilich an wenigen Seiten genügen lassen; wie denn überhaupt dieser II. Band mehr noch als der I. Ungleichheiten der Behandlung zeigt. Der Titel des Werkes verspricht etwas zu viel („Anleitung für die Herstellung geodätischer Instrumente"); aber immerhin bleibt auch der II. Band seinem Programm, nicht etwa nur Beschreibungen gebrauchsfähiger geodätischer Instrumente zu geben, sondern auf die bei ihrem Bau und ihrer Justierung in Betracht kommenden Dinge hinzuweisen, getreu, und so liefert das Buch eine Ergänzung der geodätischen Werke sowie der beschreibenden Kataloge der Werkstätten, die gewiß vielen willkommen ist. *Hammer.*

Erwiderung auf die Besprechung der „Fernoptik" durch Herrn Dr. H. Erfle

in dieser Zeitschr. **32.** *S. 395. 1912.*

Die Ansicht des Referenten, daß bei der Beurteilung populär geschriebener Werke ein etwas „milderer" Maßstab anzulegen sei, kann ich nicht teilen (ich habe übrigens beim Lesen des Referats auch nicht gerade den Eindruck gewonnen, als ob das geschehen sei); wohl aber muß man bei populär geschriebenen Büchern einen *anderen* Maßstab anlegen als bei rein wissenschaftlichen oder technischen.

Wie aus dem Vorwort der „Fernoptik" gesehen werden kann, ist das Buch für Laien geschrieben, um diesen Gelegenheit zu geben, sich so viel optisches Verständnis anzueignen, daß sie die Leistungsfähigkeit von Fernrohren u. dgl. prüfen können. Um diesen Zweck möglichst zu erreichen, hielt ich es für wesentlich, besonders den wissenschaftlichen Teil möglichst einfach und kurz abzufassen. Vor allen Dingen sollten so wenig Rechnungen und Formeln wie irgend möglich gebracht werden. — Aus diesem Grunde habe ich mich damit begnügt, die Abbildungsgleichung nur durch *eine* Formel zu erklären. Auch eine Erwähnung der Arbeiten von Gullstrand (Schlüssellochbeobachtung) hielt ich zum mindesten für überflüssig. Im praktischen Teil habe ich der Kürze wegen die optischen Justierungsmöglichkeiten der Entfernungsmesser nur im Prinzip erklärt, ohne auf die einzelnen Ausführungsarten von Zeiss, Barr und Stroud oder Goerz näher einzugehen. Es lag kein Grund vor, nur die sogenannte „absolute Justierung" von Zeiss zu erwähnen und die von anderen Firmen mit Stillschweigen zu übergehen. Daß A. Gleichen in seiner „Theorie der modernen optischen Instrumente" auf die einzelnen Apparate näher eingeht als ich, ist nicht zu verwundern, da sein Buch etwa den doppelten Umfang hat und außerdem ausdrücklich für Physiker und Konstrukteure optischer Werkstätten bestimmt ist.

Auf *S. 32* habe ich nicht das Zusammenfallen der einander zugekehrten Brennebenen von Objektiv und Okular „beweisen" wollen, sondern sie dem Laien etwas leichter verständlich zu machen gesucht, als es durch die Formel für die Vergrößerung auf *S. 41* möglich war. Ob mir dieser Versuch besonders gut gelungen ist, mag allerdings fraglich sein.

Über die englischen Patente von Aldis und Ottway ist mir bei der Herausgabe des Buches noch nichts bekannt gewesen. Immerhin bleibt aber die Tatsache bestehen, daß die Firma Goerz für die in Fig. 75 dargestellte Art des Ringbild-Periskops das D.R.P. Nr. 244515 und für pankratische Zielfernrohre mit konstanter Länge (*S. 103*) das D.R.P. Nr. 198489 erteilt bekommen hat. Die englischen Patente suchen allerdings dasselbe Ziel auf nicht so gutem Wege zu erreichen. — Auf *S. 37* konnte wohl kurz von „Blende" gesprochen werden, nachdem im 1. Absatz der Strahlenbegrenzung auf *S. 35* allgemein hervorgehoben war, daß die von den einzelnen Linsen eines optischen Instrumentes erzeugten virtuellen oder reellen Bilder der tatsächlichen Blenden bzw. Fassungen auch mit als Blenden anzusehen sind.

Aus dem schon oben angegebenen Grunde der leichten Verständlichkeit habe ich die Eintrittsluke an einem möglichst einfachen Beispiel (an dem astronomischen Fernrohr) verständlich zu machen gesucht und dann durch sinngemäße Anwendung der hier gewonnenen Resultate den Unterschied zwischen Kepplerschen und Galileischen Fernrohren erklärt. Hiernach ist wohl der Ausspruch verständlich: „Es gibt daher beim holländischen Fernrohr keine besondere Eintritts- und Austrittsluke." Wenn man diesen Satz für sich allein betrachtet, ist er natürlich nicht richtig, wer ihn aber im Zusammenhang mit dem übrigen Text liest, wird, glaube ich, ohne weiteres verstehen, was ich habe sagen wollen. Die Strahlenbegrenzung im Galileischen Fernrohre im Zusammenhang mit dem Auge zu erörtern, wäre wohl für eine streng wissenschaftliche Abhandlung vorzuziehen; für ein populäres Werk würde ich diese Darstellung unzweckmäßig finden. Auch aus logischen Gründen war es in diesem Fall wohl mehr angebracht, das Galileische Fernrohr ebenso zu behandeln wie das Kepplersche.

Daß das Messen der Eintrittspupille durch mehr oder weniger komplizierte optische Hilfsmittel immer möglich ist, ist selbstverständlich; mir kam es darauf an, dem Laien einige

möglichst einfache Methoden anzuführen, mit Hilfe deren er die optischen Eigenschaften von Fernrohren bestimmen kann. Die einfachste Methode, die Eintrittspupille zu messen, ist selbstverständlich die durch Anlegen eines Maßstabes. Man kann nun diesen Maßstab, wie ich angeführt habe, mit bloßem Auge oder mit Hilfe einer Lupe in der Austrittspupille ablesen. Diese Methode habe ich im Auge gehabt, als ich davon sprach, daß die Eintrittspupille nicht „direkt" meßbar sei, wenn sie im Innern des Instrumentes liegt. Die vom Referenten erwähnte Methode ist selbstverständlich verhältnismäßig gut anwendbar für das Messen der virtuellen Austrittspupille bei Galileischen Fernrohren; wenn aber beispielsweise bei Stangenfernrohren oder Entfernungsmessern mit sehr großer Basis die Objektive sehr weit hinter den Eintrittsreflektoren liegen und in ihrer Größe so beschränkt sind, daß ihre Fassungen (bzw. die Bilder ihrer Fassungen) die Eintrittspupillen bilden, so dürfte sie doch wohl etwas unbequem sein. *Dr. v. Hofe.*

Bemerkung zu vorstehender Erwiderung.

Aus der Erwiderung des Verf. ist ersichtlich, daß er im Gegensatz zum Ref. dem Unterschiede zwischen indirektem Sehen, direktem Sehen und Schlüssellochbeobachtung leider sehr geringen Wert beilegt. Nach der Erwiderung des Verf. hat es übrigens den Anschein, als ob die „Schlüssellochbeobachtung" von Gullstrand stamme. Dies ist bekanntlich nicht der Fall; vielmehr ist dieselbe zum ersten Male von M. v. Rohr beschrieben worden in: Die Theorie der optischen Instrumente. Verl. v. J. Springer, 1904. I. Bd. *S. 496 oben*, und ausführlicher in: Die optischen Instrumente. *Aus Natur und Geisteswelt. Bd. 88. 1. Aufl. 1905. S. 21 unten und 22 oben.*

Das Verlangen des Ref. nach Erwähnung der Zeissschen absoluten Justierung von Entfernungsmessern gründet sich darauf, daß diese *prinzipiell* neu ist und nicht eine der zahlreichen Modifikationen der ursprünglichen Abbeschen Justiervorrichtung. Gerade für den Benutzer eines Entfernungsmessers ist es von Interesse, zu erfahren, daß die Ablenkung eines Pentaprismas langsamen zeitlichen Variationen unterliegt, und daß man trotzdem einen Entfernungsmesser absolut justieren kann mit Benutzung von Pentaprismen.

Daß das Buch die Priorität der beiden Erfindungen (siehe mein Referat, *diese Zeitschrift 32. S. 396. Zeile 16 bis 12 von unten*) zu Unrecht für die Firma Goerz in Anspruch nimmt, wird von Herrn v. Hofe nicht bestritten; mehr war von mir nicht behauptet worden. Die Frage, worauf sich der Patentschutz der Firma Goerz bezieht, und ob ihre Konstruktion eine Verbesserung gegenüber den englischen darstellt, hat mit dieser Priorität nichts zu tun.

Ref. hält es nach wie vor für falsch, daß Verf. auf *S. 37* die Eintrittspupille als Blende bezeichnet hat, abweichend von dem bisher in der Literatur üblichen Brauch. Für Laien — und für solche ist doch das Buch nach Angabe des Verfassers bestimmt — führen solche Fehler leicht zu falschen Vorstellungen, selbst dann, wenn in einem folgenden Satz gesagt wird, daß anstatt Blende eigentlich (objektseitiges) Blendenbild gemeint ist.

Im Gegensatz zum Verf. ist Ref. der Ansicht, daß gerade den Laien eine richtige Darstellung der Wirkungsweise des Galileischen Fernrohrs besonders interessiert (siehe beispielsweise das schon oben erwähnte Buch von M. v. Rohr in: *Aus Natur und Geisteswelt Bd. 88. 1. Aufl. S. 103—105*), und daß gerade aus logischen Gründen das Galileische Fernrohr nicht in der gleichen einfachen Weise behandelt werden kann wie das Keplersche.

Aus der Darstellung, welche Verf. von der Messung der Eintrittspupille gibt (*S. 135 bis 136*), muß der Laie den Eindruck gewinnen, als ob die Messung einer virtuellen Eintrittspupille eine besonders komplizierte Aufgabe sei. Dem Ref. kam es nur darauf an, zu erwähnen, daß einem Auseinandernehmen des Instruments (v. Hofe, *S. 136 oben*) die Messung mittels des Dynameters mit Umkehrsystem vorzuziehen ist; denn diese Messung liegt einer direkten Messung in jedem Falle sehr viel näher als ein Auseinandernehmen des Instruments.

Dr. H. Erfle.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied,
Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. **F. Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **April 1913.** Viertes Heft.

Beschreibung eines neuen Instruments zur Messung der Bewegung von Ballons und Flugzeugen.

Von

L. Ambronn in Göttingen.

(Mitteilung aus den Werkstätten für den Bau wissenschaftlicher Instrumente F. Sartorius in Göttingen.)

Die heutige Ausbildung unserer Luftfahrzeuge und die Verfolgung der Wirkungsweise ihrer Motoren, des Einflusses der Luftströmungen auf die Bewegungen der Luftschiffe, der Flugzeuge und vor allem auch auf Freiballons der verschiedensten Größe, sowohl der bemannten Ballons als auch der kleinsten Pilot-Ballons, hat es zur dringenden Notwendigkeit gemacht, Instrumente zu bauen, die eine bequeme und sichere Verfolgung der Ballons von der Erde aus ermöglichen, so daß aus den gewonnenen Messungsresultaten der Weg, den der Ballon über der Erde zurückgelegt hat, bestimmt werden kann. Solcher Instrumente sind nun schon mehrere gebaut worden, aber bei allen ist das Prinzip der Universal-Instrumente, und zwar der Bequemlichkeit wegen, mit gebrochenem Fernrohr beibehalten worden. Das bringt zwei wesentliche Übelstände mit sich. Einmal kann die Ablesung des Vertikalkreises und des Horizontalkreises nicht bequem von einem Standpunkt des Beobachters aus vorgenommen werden, und zweitens, was ich für erheblich unbequemer halte, ist die Sehrichtung gegenüber derjenigen, welche nach dem Ballon oder Flugzeug hin gerichtet ist, um 90° gedreht, so daß man nur durch eine besondere Spiegeleinrichtung und in manchen Fällen mittels eines eigenen Hilfsdiopters eine etwas bequemere Verfolgung des Objektes ermöglichen kann; in allen Fällen bleibt jedoch die Verschiedenheit zwischen Seh- und Meßrichtung bestehen. Wie unbequem das ist, und wie leicht während der Kreisablesungen die Visur verloren geht, wird jeder, der mit solchen Instrumenten Höhen und Azimutmessungen eines Ballons vorgenommen hat, reichlich empfunden haben, und das selbst bei großer Übung. Diese Umstände haben mich veranlaßt, ein Instrument zu konstruieren, welches von den bisher gebräuchlichen abweicht und, wie ich hoffe, die angeführten Mängel in erheblichem Maße beseitigt. An der Hand der Abbildung soll die Einrichtung dieses vielleicht mit dem Namen „*Aviatometer*" zu bezeichnenden Apparates beschrieben werden.

Auf einem gewöhnlichen Theodolitunterbau U, der sowohl auf einem Stativ mit dem gebräuchlichen Federstengel oder mittels Fußplatte befestigt oder auch auf einem Pfeiler aufgestellt werden kann, ist ein Repetitions-Achsensystem angebracht. Mit dem einen System ist der gesamte Oberbau mit Kreis-Alhidade und mit dem anderen der Kreis für sich beweglich. Der Oberbau besteht aus einem Lagerträger T von besonderer Form. Einmal nimmt dieser die Zapfen der Horizontalachse Z auf, und weiterhin trägt er die Libelle L, und auf der anderen Seite, auf dem nach aufwärts

gebogenen Teil, das Fernrohr F und die Mikroskope M_h und M_v, von denen das erstere zur Ablesung des Höhenkreises und das letztere zur Ablesung des Horizontalkreises und zur Beobachtung des Index auf einer Bussolennadel dient. Die Horizontalachse läßt sich mittels der beiden an ihren Enden angebrachten Scheiben GG mit etwas Reibung in den gedeckten Lagern bequem mit beiden Händen bewegen. Dadurch wird zugleich eine ruhige und für die Verfolgung des Objektes bequeme Führung des Instrumentes um die Vertikalachse herbeigeführt. In ihrer Mitte trägt die Horizontalachse ein total reflektierendes, rechtwinkliges Prisma P, an dessen Hypotenusenfläche der von dem Objekt kommende Strahl totale Reflexion in der Richtung der Fernrohrachse erfährt. Neben dem Prisma ist auf der Horizontalachse der Höhenkreisbogen angebracht. Die Teilung desselben ist auf der Stirnfläche bei Kr aufgetragen und wegen der Reflexion, wie bei Sextanten gebräulich, mit doppeltem Winkelwert beziffert. Eine einfache Blechdecke schützt die Teilung gegen Verletzung. Zur Ablesung dient ein Schätzmikroskop, welches noch 0,2′ angibt. Der Horizontalkreis hat eine $^1/_6{}^0$-Teilung und ist durch einen einfachen Index auf dem Alhidatenkreis mikroskopisch ablesbar. Unmittelbar über der Teilung des Horizontalkreises schwingt auf einer mit dieser konzentrischen Pinne eine Magnetnadel von 12 *cm* Länge. Die auf ihrem Nordende angebrachte Strichmarke ist im Mikroskop M_h gleichzeitig mit der Teilung des Kreises einstellbar, sobald der Oberbau des Instruments so gedreht ist, daß der durch den Index des Mikroskopes gekennzeichnete Radius in Magnetisch-Nord steht. Bringt man in dieser Stellung mittels der Repetitionsbewegung des Kreises dessen Nullpunkt ebenfalls unter die Strichmarke, also den Nullradius in den magnetischen Meridian, und klemmt dann den Kreis fest, so wird man durch diese einfache Einrichtung an dem Kreis bei weiteren Einstellungen sofort die magnetischen Azimute ablesen können. Es wird also dadurch eine von irgendwelchen irdischen Marken unabhängige Azimutbestimmung möglich, ohne daß man *nach* der einmaligen Einstellung des Nullpunktes der Teilung bei dem weiteren Visieren noch auf die Magnetnadel zu achten braucht. Ich halte das für einen besonderen Vorzug des Instruments, der noch mehr hervortritt, wenn irdische Marken in der nötigen Entfernung nicht ohne weiteres vorhanden sind, oder bei Beobachtungen von verschiedenen Standpunkten aus nicht dieselbe Marke sichtbar ist, so daß eine gewisse absolute Azimutbestimmung — und das ist ja die gegen den magnetischen Meridian — auf nicht zu weit voneinander entfernten Standpunkten erwünscht erscheint.

Durch die Anordnung des Fernrohrs und der beiden Ablesemikroskope dicht nebeneinander ist die Verfolgung des Objektes in jenem und die Ablesung der Kreise äußerst bequem geworden, und außerdem ist die Sehrichtung azimutal dieselbe wie diejenige nach dem Objekt. Ein Blick vom Fernrohr etwas nach oben gerichtet läßt sofort das Objekt wiedererkennen, und mittels der beiden Handgriffe an der Horizontalachse ist eine neue Einstellung in Höhe und Azimut zugleich wieder ausgeführt, ohne daß der Beobachter erst den Kopf wieder drehen muß oder durch eine zweite Hilfsvisiereinrichtung zu sehen braucht. — Versuche am *Geophysikalischen Institut* in Göttingen zeigten, daß Bruchteile einer Minute genügen, um eine Visur nebst beiden Kreisablesungen zu machen, vorausgesetzt, daß eine zweite Person die diktierten Zahlen aufschreibt. Zur weiteren Erleichterung der Aufsuchung ist zwischen Prisma P und Libelle L noch ein in seiner Elevation etwas verstellbarer Spiegel S mit radialem Strich angebracht worden.

Die Ablesung nur durch je ein einziges Mikroskop dürfte bei der Sorgfalt, mit welcher die Zentrierung der Kreise und Achsen vorgenommen wird, und bei

der immerhin geringen notwendigen und möglichen Genauigkeit von höchstens 0,1′ ganz unbedenklich sein, zumal es sich nur meist um kleinere Richtungsdifferenzen handelt. Der Zenitpunkt des Höhenkreises kann entweder mit Hilfe der bekannten Zenitdistanz eines irdischen Objektes kontrolliert werden oder auch durch direkte Messungen. Zu diesem Zweck ist der Höhenkreisbogen etwas weiter geteilt als nötig, und wenn man sich mit dem Instrument etwa unter eine Dachkante oder ein ähnliches Objekt aufstellt, so kann in beiden Lagen des Oberteiles des Instruments eine Ablesung am Höhenkreis gemacht werden, deren halbe Summe bekanntlich den Zenitpunkt liefert.



Das Instrument ist handlich gebaut und, da es nur etwa $5^1/_2$ *kg* wiegt, auch leicht transportabel, aber doch sehr stabil, weil die schwereren Teile alle ziemlich tief gelagert sind, was ich besonders bei kleinen Instrumenten immer als einen Vorzug ansehen möchte. — Zweckmäßig wird man natürlich ein Paar dieser Instrumente zur Anwendung bringen, die im gleichen Moment abgelesen werden, und für die die Entfernung ihrer Aufstellungspunkte und das Azimut der Verbindungslinie derselben bekannt ist.

Sowohl die Bewegung in Höhe, für die an dem hier abgebildeten Typus eine Feinbewegung und Klemmung nicht vorgesehen ist, als auch für diejenige im azimutalen Sinne können Zahnkränze mit Schraube ohne Ende auf Wunsch angebracht werden. Dadurch wird keine erhebliche Komplikation bedingt, aber manchem Beobachter dürfte diese Anordnung bequemer sein als diejenige mittels gesonderter Klemme und Mikrometerschraube.

Die Herstellung der Instrumente hat die Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente von F. Sartorius in Göttingen übernommen, in der auch die bisher schon angefertigten Exemplare, von denen die Figur eines darstellt, gebaut wurden.

Ein Taschenrefraktometer für Mineralogen und Juweliere.

Von
Dr. F. Löwe in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

Zur Unterscheidung von Edelsteinen und Kristallen überhaupt gibt die Bestimmung des Brechungsvermögens (-index, -quotienten) n ein wertvolles Hilfsmittel. Die älteste Methode der Messung von n ist die Fraunhofersche Spektrometermethode[1]; diese verlangt, daß der zu messende Körper zwei eben geschliffene und polierte, einander nicht parallele Flächen hat, also ein Prisma ist; ob die Kante des Prismas scharf ist oder nicht, spielt dabei keine Rolle, ebenso ist die sonstige Form des Prismas gleichgiltig, sofern nur sein Prismenwinkel φ die in nachstehender Tabelle enthaltenen Grenzwerte nicht überschreitet.

n	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4
φ	91° 10′	83° 37′	77° 22′	72° 4′	67° 30′	63° 30′	60° 8′	54° 4′	49° 15′

Häufig sind an einem Kristalle zwei diese Bedingung erfüllende, geeignet gelegene natürliche Flächen vorhanden. Wenn nötig, werden diese ein wenig nachpoliert und bilden dann zusammen das verlangte Prisma. Ist dessen brechender Winkel größer als der nach der Tabelle zulässige Grenzwert, so muß man den Kristall in eine Flüssigkeit bekannter Lichtbrechung eintauchen und die Rechenarbeit in Kauf nehmen.

Kann man zwei passende Kristallflächen nicht auffinden, so muß man sich dazu entschließen, mindestens *eine* neue anzuschleifen, was aus anderen Gründen oft sehr unerwünscht ist.

Die am Spektrometer ermittelten Winkel (brechender Winkel φ des „Prismas" und Minimalablenkung) werden dann mit einer bekannten Formel logarithmisch in den Brechungsquotienten n umgewertet. Da die Herrichtung zweier passenden Flächen, die Ausrichtung des Kristalls auf dem Spektrometer und schließlich die Berechnung des Brechungsquotienten zusammengenommen eine Gruppe von nicht besonders bequemen Arbeiten darstellen, was sowohl bei Serienuntersuchungen für wissenschaftliche wie bei eiligen Einzeluntersuchungen für praktische Zwecke empfunden wurde, hat man nach bequemeren Methoden der Messung gesucht. Nach einem von Wollaston[2]) vorgeschlagenen Prinzipe verwerteten F. Kohlrausch[3]), E. Bertrand[4]) und C. Pulfrich[5]), jeder in anderer Weise, zur Messung des Brechungsquotienten die Beobachtung der an einer einzigen ebenen Fläche des Kristalles, die eine Substanz von höherem Brechungsvermögen berührt, entstehenden Grenzlinien der Totalreflexion.

---

[1]) Ein insbesondere für Kristalluntersuchungen bestimmtes Goniometer und Spektrometer ist das Kristallpolymeter nach C. Klein, vgl. C. Leiss, *diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 201. 1902.*

[2]) W. Wollaston, *Phil. Trans.* ***92.*** *S. 365. 1802*, und eine Bearbeitung der Wollastonschen Abhandlung durch Mollweide in *Gilberts Ann. d. Phys.* ***31.*** *S. 235 u. 398. 1809.*

[3]) F. Kohlrausch, *Wied. Ann.* ***4.*** *S. 1. 1878.*

[4]) Vgl. das Referat in *Groths Zeitschr.* ***13.*** *S. 643. 1887.*

[5]) C. Pulfrich, *Wied. Ann.* ***30.*** *S. 193. 1887; diese Zeitschr.* ***7.*** *S. 16. 1887*, und besonders ausführlich in der Schrift: Das Totalreflektometer usw., Leipzig, W. Engelmann 1890.

Während Kohlrausch[1]) den Kristall in eine höher brechende Flüssigkeit (z. B. CS_2) einbettet und Bertrand ihn auf die Planfläche einer festgelagerten Halbkugel legt, bringt Pulfrich ihn auf die wagerechte ebene Basisfläche eines um seine senkrechte Achse *drehbaren* Flintglaszylinders. Diesen Zylinder ersetzte Abbe[2]) durch eine um ihre Achse drehbare Halbkugel. Die Abbesche Konstruktion wurde schließlich von Pulfrich mit gewissen Vereinfachungen auf der einen und Ergänzungen auf der anderen Seite versehen, so daß man jetzt meist von dem Abbe-Pulfrichschen Halbkugel-Kristallrefraktometer spricht.

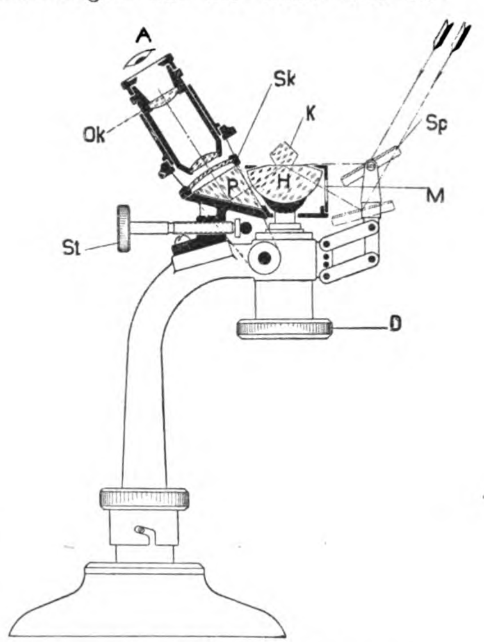


Fig. 1 (etwa 1/2 nat. Gr.).
Schematischer Schnitt durch das Taschenrefraktometer.

Das Licht wird durch den Spiegel *Sp* in seiner oberen Lage zum Kristall *K*, in seiner unteren durch die Blende *M* und die Halbkugel *H* hindurch ebenfalls zu *K* geleitet, und geht dann weiter durch das Reflexionsprisma *P* zur Okularskala *Sk*, in der die Grenzlinie liegt. Diese wird mittels des Okulares *Ok* betrachtet. Das Okularrohr kann man mit Hilfe der Stellschraube *St* neigen, die Halbkugel mit der Rändelscheibe *D* drehen.

Sowohl bei Kohlrauschs „Totalreflektometer" wie auch bei Bertrands und Abbe-Pulfrichs Kristallrefraktometer wird die Grenzlinie in einem Fernrohre beobachtet, und mit diesem der Winkel zwischen der auf der ebenen Fläche des Objekts errichteten Normalen und den die Grenzlinie erzeugenden Grenzstrahlen, der sogenannte Grenzwinkel der totalen Reflexion, gemessen; schließlich liefert eine sehr einfache Formel aus dem Grenzwinkel und der bekannten Lichtbrechung des höher brechenden Mittels (Flüssigkeit bei Kohlrausch, Flintglas bei Bertrand-Abbe-Pulfrich) die gesuchten Brechungsquotienten des Objekts.

Das Bertrandsche Kristallrefraktometer ist durch C. Leiss[3]) verbessert worden, indem es mit der Abbeschen, d. h. der drehbaren Halbkugel, ausgerüstet wurde; als Fernrohrobjektiv dient bei diesem kleinsten Modelle ebenso wie bei demjenigen Bertrands die Halbkugel selbst. Das feststehende Okular hat eine ebene Skala, die nach Brechungsquotienten geteilt ist. Die unmittelbare Ablesung der Brechungsquotienten, die für den Mineralogen und den Juwelier gewiß angenehm ist, findet sich auch bei einem Modelle mittlerer Genauigkeit der Firma Fuess-Steglitz, bei dem der Teilkreis des Fernrohres eine Stirnteilung nach Brechungsquotienten aufweist[4]). Das größte Modell der genannten Firma[5]) ist dem Abbe-Pulfrichschen

[1]) Für die Messung von Kristallen hat C. Leiss dem Totalreflektometer von Kohlrausch eine besonders zweckmäßige und vielseitig verwendbare Form gegeben. Vgl. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* ***30.*** *S. 363. 1896*, und *diese Zeitschr.* ***19.*** *S. 221. 1899.*

[2]) Der Apparat ist beschrieben von S. Czapski, *diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 246. 1890.* Die Beschreibung eines kleineren Modells findet sich bei S. Czapski, *Neues Jahrb. für Mineralogie* ***1.*** *S. 209. 1892.*

[3]) C. Leiss, *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* ***39.*** *S. 47. 1904.*

[4]) C. Leiss, *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* ***45.*** *S. 182. 1908.* Einen unmittelbar nach Brechungsquotienten geteilten Refraktometerkreis beschreibt schon E. Abbe, Neue Apparate usw. Jena, Mauke 1874.

[5]) C. Leiss, *diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 331. 1902.*

so nahe verwandt, daß der Historiker die Bezeichnung „Neues Kristallrefraktometer zur Bestimmung größerer und mikroskopisch kleiner Objekte" nicht ohne Einschränkung anerkennen kann; das sogenannte Mikroskop, auf das in der Beschreibung der Hauptwert gelegt wird, stellt die von Pulfrich empfohlene und dioptrisch begründete Vereinigung eines schwach vergrößernden mit einem Blendensystem in der Austrittspupille versehenen Fernrohres mit einer Lupe dar, die zur Betrachtung des vergrößerten, reellen, in der Austrittspupille gelegenen Kristallbildes dient, und die C. Leiss durch ein Scharnier mit dem Fernrohre verbunden hat. Außerdem weist das Modell nur eine Eigentümlichkeit auf, die es von seinem Muster unterscheidet;

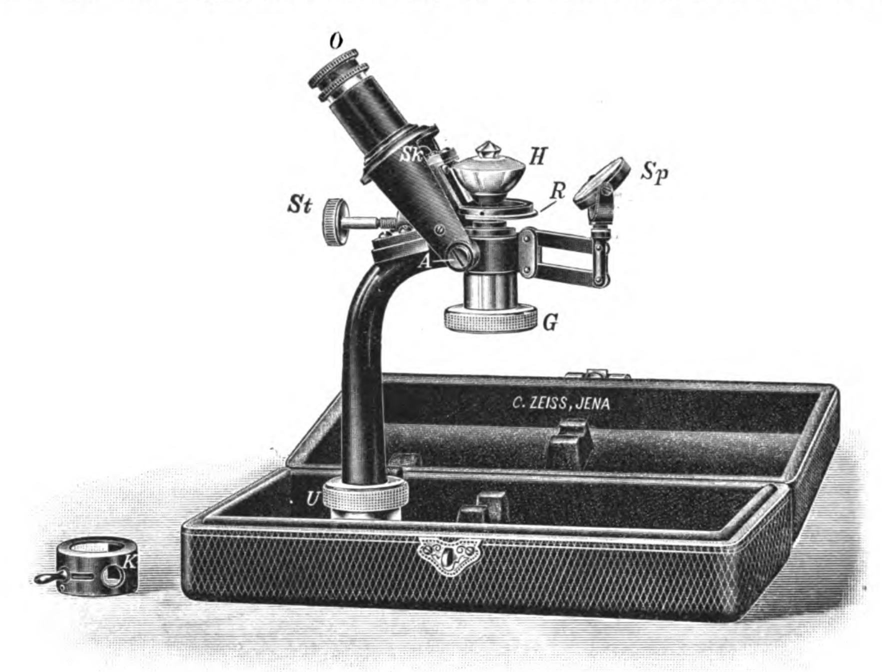


Fig. 2 (etwa 1/2 nat. Gr.).
Ansicht des Taschenrefraktometers, in Gebrauchsstellung.
Die Säule ist mit dem Bajonettverschlusse *U* am Boden des Etuis festgeschraubt. Auf den Ring *R* setzt man die Blendkappe *K*; über den Kristall kommt eine in der Figur nicht enthaltene Schutzkappe, so daß alles fremde Licht abgehalten ist, und die Messung an einem hellen Fensterplatze vorgenommen werden kann. *A* ist das Scharnier für die Kippung des Okulares.

die Drehungsachse des Halbkugelträgers ist hohl, und unter ihrer Verlängerung ist ein Spiegel angebracht. So kann man ein Objekt auch mit senkrecht von unten auffallendem Lichte beleuchten. — Ein anderer naher Verwandter des Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers ist dasjenige nach Pearcy der Société Génévoise.

Es hat ebenfalls die Abbesche Flintglashalbkugel, einen vertikalen Teilkreis mit einmal gebrochenem Fernrohre für die Ablesung des Grenzwinkels und einen Horizontalkreis für die Orientierung des Kristalles. Es unterscheidet sich von dem Abbe-Pulfrichschen Instrumente nach einer privaten Mitteilung von Herrn Prof. Pearce in Genf vor allem durch das verkleinernde Fernrohr. Dieses ist dioptrisch etwas abweichend gebaut und trägt die Blende, die das vergrößerte Kristallbild einschließt, dementsprechend an einer anderen Stelle; ferner ist das Fernrohr (wie von S. Czapski l. c. beschrieben) mit einem Analysator am Okulare

ausgerüstet. Schließlich ist die Drehungsachse der Halbkugel mit anderen Justiereinrichtungen versehen und wird auf Wunsch aus Glas angefertigt. Unter der Glasachse kann man einen Analysator anbringen, wie bei der Leiss-Fuessschen Ausführung.

Auf Anregung und unter Mitwirkung des Edelsteinexperten, Herrn W. Rau in Leipzig, haben wir das Bertrand-Leisssche Refraktometer als Taschenrefraktometer abgeändert (Fig. 1 u. 2). Die Unterschiede liegen hauptsächlich im Aufbau, im Okulare und im Stativ. Die Okularteilung, die die Brechungsquotienten bis zu $n_D = 1{,}85$ herauf anzeigt, ist auf einer Zylinderfläche *Sk* (Fig. 1) angebracht, deren Achse durch den Mittelpunkt der Kugel gehen würde, wenn nicht zwischen die Halbkugel und die Teilung das übliche Reflexionsprisma *P* eingeschaltet wäre. Das Okular *Ok* kann, um das ausgedehnte Gesichtsfeld zu bestreichen, um ein Scharnier *A* pendeln, so daß man die Grenzlinie jederzeit in der Okularachse mit aller nur wünschenswerten Schärfe beobachten kann. Die Meßgenauigkeit beträgt 1—2 Einheiten der 3. Dezimale, was für orientierende Bestimmungen des Mineralogen sowie für den Juwelier und Edelsteinexperten völlig ausreicht. Als Fuß des Instrumentchens dient im Laboratorium eine runde gußeiserne Grundplatte, bei ambulanten Untersuchungen dagegen eine einfache Einrichtung im Boden des Etuis, das außer dem Apparat noch kleine Utensilien wie Staubpinsel, Immersionsflüssigkeiten usw. aufnehmen soll. Für die meisten Untersuchungen wird die Messung mit Tageslicht ausreichen.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1912.

(Fortsetzung von Seite 98.)

C. Abteilung II.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[1]). *Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.*

Im Berichtsjahre wurden geprüft:

Teilungen auf Stahl, Silber usw.	5
Endmaße	85
Kaliber-Bolzen und -Scheiben	29
Stahlkugeln zu Meßzwecken	1
Sphärometerringe	2
Thermische Ausdehnung bis 50°	3
Leit- und Teilspindeln	9
Loewenherzgewinde	1
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	21
„ anderer Tonhöhe	8
Gyrometer und Tachometer	7
Tachographen	1
Zentrifugen	8
Mikrometerschrauben	4
Teilkreise	1
Wasserwagen für technische Zwecke	1

[1]) Leman, Blaschke, Werner.

Besonders zeitraubend wurde durch eigenartige Umstände die Bestimmung der thermischen Ausdehnung eines gegossenen Zinkstabes, dessen Material zur Herstellung einer Kompensationsfassung für ein großes Fernrohrobjektiv verwendet werden sollte.

Der Zinkstab zeigte zunächst ein ganz unregelmäßiges thermisches Verhalten, welches das Material für den angegebenen Zweck völlig unbrauchbar erscheinen ließ. Bei jeder neuen Erwärmung von rd. 17° auf rd. 50° wurde der 1 *m* lange Stab um fast den gleichen Betrag von rd. 1 *mm* länger, kehrte dann aber bei darauffolgender Abkühlung nicht wieder auf seine ursprüngliche Länge zurück, sondern behielt die erfahrene Verlängerung fast ganz bei. Ein von der einsendenden Firma angestellter Versuch, diese Erscheinung durch starkes Erhitzen des Stabes zu beseitigen, blieb zunächst von sehr geringem Erfolg; die Unregelmäßigkeit verlor sich dann aber schrittweise zum größten Teil, nachdem mehrfache Erwärmungen von rd. 17° auf rd. 50° C und Wiederabkühlungen vorgenommen worden waren. Das Material besaß schließlich einen ziemlich sicher konstanten, aber ungewöhnlich hohen Ausdehnungskoeffizienten von $31{,}4 \cdot 10^{-6}$.

An einem Tachometer wurde die Erfahrung gemacht, daß die Ergebnisse wiederholter Beobachtungen um Beträge voneinander abwichen, welche wenigstens zum Teil die für den Zweck des Instrumentes zulässige Grenze überstiegen, dabei aber auch um ein Vielfaches größer waren, als die sich aus den Beobachtungszahlen mit großer Zuverlässigkeit ergebende Unsicherheit jeder Einzelbestimmung. Die Ursache dürfte darin liegen, daß die von dem rotierenden Magneten in Bewegung gesetzte Aluminiumtrommel durch die in ihr erzeugten Wirbelströme erwärmt wird, was die Angaben so lange störend beeinflußt, bis sich das der Umlaufsgeschwindigkeit entsprechende thermische Gleichgewicht hergestellt hat.

Außer diesen für auswärtige Antragsteller ausgeführten Arbeiten wurde noch eine große Reihe von Präzisionsmessungen für den Bedarf der Reichsanstalt selbst erledigt, die einerseits für die Kontrolle der eigenen Normale des präzisionsmechanischen Laboratoriums erforderlich, andererseits für das optische und das Starkstrom-Laboratorium zu leisten waren.

In der Technik beginnen seit einiger Zeit Endmaße mit kugelig gewölbten Endflächen stärkeren Eingang zu finden, da deren genaue Herstellung auf Spezialmaschinen leichter ist, als diejenige ebener und gut paralleler Flächen und, weil ihnen beim Gebrauch gewisse Vorzüge eigen sind. Beide Endflächen eines jeden solchen Maßkörpers sind Teile ein- und derselben Kugelfläche, deren Mittelpunkt mit der Mitte des Maßkörpers zusammenfällt. Bei geringen Maßlängen, etwa von 30 *mm* abwärts, treten an Stelle der zylindrischen Stäbe Vollkugeln, bei welchen dann jedoch, wegen der ziemlich starken Krümmung ihrer Oberfläche die Rücksicht auf die Deformation nicht mehr aus dem Auge gelassen werden darf, die sie unter dem Druck erfahren, dem sie bei der Prüfung auf der Meßmaschine ausgesetzt sind. Bei der rechnungsmäßigen Bestimmung des Betrages dieser Deformationen sind Zweifel aufgetaucht, ob die Ergebnisse der Formel von H. Hertz mit der Wirklichkeit hinreichend nahe übereinstimmen. Dieser Formel liegt nämlich die Voraussetzung zugrunde, daß bei nahezu gleichem Elastizitätsmodul des Materials zweier gegeneinander gepreßter Kugeln die durch gegenseitige Abplattung entstehende Berührungsfläche eine Ebene sei. Dies dürfte hinreichend genau zutreffen, wenn die Radien der beiden Kugeln nahe einander gleich sind; bei erheblicher Ungleichheit aber ist es wahrscheinlich, daß die stärker gekrümmte Fläche in die schwächer gekrümmte eindringt.

Es ist beabsichtigt, in eine experimentelle Untersuchung dieser Frage einzutreten. Die „Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken A.G." in Berlin-Reinickendorf hat zu diesem Zwecke eine Anzahl gehärteter Stahlkugeln kostenlos zur Verfügung gestellt; auch ist bereits ein Apparat hergestellt worden, mittels dessen die bei Belastungen bis zu 10 *kg* wirklich auftretenden Deformationen mit einer Unsicherheit von höchstens 0,0001 *mm* festgestellt werden können.

II. Elektrische Arbeiten.

A. Starkstrom-Laboratorium.

1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten[1].

Die im Jahre 1912 geprüften Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

I. Meßapparate.

	Anzahl
a) Mit *Gleichstrom* geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung und der Stromstärke	77
„ Leistung	48
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	132
des Widerstandes	19
b) Mit *Wechselstrom* geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung und der Stromstärke	23
„ Leistung	25
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	192
„ Frequenz	2
„ Phasenverschiebung	1
c) Sonstige Meßapparate.	
Vorschaltwiderstände und Nebenschlußwiderstände (unter Strombelastung)	16
Strom- und Spannungswandler	64
Induktivitäten	22
Induktivitätsvariatoren	2
Kondensatoren	20
Kapazitätssätze und Variatoren	12
Wellenmesser	10

II. Generatoren, Motoren, technische Apparate und Betriebe.

Generatoren und Motoren	40
Schienenbremsen	1
Turbogeneratoren[2]	2
Prüfung der Kessel- und Maschinenanlage eines Kupferwerkes[2]	1

III. Isolationsmaterialien und Apparate zur Fortleitung und Verteilung elektrischer Energie.

	Anzahl der untersuchten Sorten
Feste Isoliermaterialien	16
Gummiplatten, Gummihandschuhe	17
Ausgußmassen	5
Transformatorenöl	1
Isolatoren	12
Kabel und Drahtleitungen	4
Schalter	11
Kondensatoren, Heizapparate	8

IV. Sonstiges.

Dielektrizitätskonstante fester Isolatoren	3
Energieverlust von Kondensatoren	5
Schwach radioaktive Präparate	11
Stark radioaktive Präparate	4

[1]) Orlich, Reichardt, Günther Schulze, Giebe, Schering, Rogowski, Lindemann, Schmidt, Hüter, Vieweg, Alberti, Meyer.

[2]) Unter Beteiligung von Dr.-Ing. Jakob.

Für den inneren Betrieb des Laboratoriums wurden geprüft:

	Anzahl
Normalwiderstände	75
Widerstandssätze	27
Strom-, Spannungs-, Leistungsmesser und Zähler	69
Induktivitäten, Kapazitäten	21
Wellenmesser	1
Dielektrizitätskonstanten fester Isolatoren	7
Meßkannen für radioaktive Messungen	8
Elektroskope	1

Außerdem wurden die experimentellen Arbeiten für die Systemprüfungen von 9 Zählersystemen sowie 9 Ergänzungsprüfungen abgeschlossen.

Auch in diesem Jahre wurden wieder eine Reihe auswärtiger Prüfungen ausgeführt.

2. Neubau des Laboratoriums [1].

Die bauliche Ausstattung des neuen Starkstromlaboratoriums wurde im wesentlichen im Herbst beendet. Die Pläne für die inneren Einrichtungen wurden im einzelnen ausgearbeitet. Die umfangreiche Schalt- und Leitungsanlage wurde entworfen und fertig durchkonstruiert; zum Teil wurde die Herstellung an Firmen vergeben, zum Teil wird sie von den Mechanikern des Laboratoriums ausgeführt. Die Schaltanlage ist zum Teil bereits aufgestellt, von der Leitungsmontage für die Akkumulatoren ist ebenfalls ein wesentlicher Teil ausgeführt, so daß mit dem Aufstellen der Batterien begonnen werden kann.

Die Unterstation der städtischen Zentrale wurde aus dem bisherigen Laboratorium in den Neubau verlegt, der Fahrstuhl und ein den ganzen Maschinensaal bestreichender Krahn sind montiert und in Betrieb genommen worden.

3. Teilnahme an den Arbeiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Die Reichsanstalt hat an den Arbeiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des Elektrotechnischen Vereins weiter lebhaft teilgenommen.

a) Untersuchung von Isoliermaterialien [2].

a) In der Kommission für Isolierstoffe wurden die Ergebnisse der vorjährigen umfangreichen Untersuchungen der Reichsanstalt und des Kgl. Materialprüfungsamtes unter Mitwirkung von Vertretern dieser Behörden weiter verarbeitet. Auf Veranlassung der Kommission hat die Reichsanstalt auf Grund der gemachten Erfahrungen ein vereinfachtes Verfahren für die Prüfung der Isolierstoffe bis 750 *Volt* aufgestellt, bei dem nur der Oberflächenwiderstand unter verschiedenen Bedingungen bestimmt wird. Es sind bereits mehrere Anträge von Firmen, ihre Isolierstoffe in dieser Weise zu prüfen, eingegangen und erledigt.

b) Prüfung von Strom- und Spannungswandlern [3].

b) Auf Wunsch des Verbandes hat die Reichsanstalt Versuche unternommen, außer den bisher in der Reichsanstalt ausgearbeiteten Methoden zur Prüfung von Meßwandlern noch einfachere Methoden zu finden, welche auch in Fabriklaboratorien angewandt werden können. In dankenswerter Weise haben dazu der Verband Barmittel, die Firma Siemens & Halske ein Drehstromprüfaggregat und die Firma Koch & Sterzel einen Hochspannungs-Arbeitswandler für 35000 Volt Drehstrom zur Verfügung gestellt.

Für die Prüfung von Stromwandlern ist bereits im Prinzip eine einfache und bequeme Methode gefunden, die zurzeit technisch vervollkommnet und auf die möglichen Fehlerquellen untersucht wird.

4. Absolute Ohmbestimmung [4].

Außer der Spule O_1 von 0,01 *Henry* (162 Windungen mit 1 *mm* Ganghöhe und 355 *mm* Durchmesser) sind noch zwei andere O_2 und O_3 von je 0,05 *Henry* hergestellt worden, deren jede 447 Windungen von 0,75 *mm* Ganghöhe und 355 *mm* Durchmesser besitzt. Die Ausmessung aller drei Spulen ist zunächst abgeschlossen, wobei jedoch die Durchmesser von

[1]) Orlich, Schering.
[2]) Orlich, Schering, Schmidt.
[3]) Orlich, Schering, Alberti.
[4]) Grüneisen, Giebe, gemeinsam mit dem Schwachstromlaboratorium.

O_2 und O_3 lediglich aus der nach der Abrollmethode (vgl. den vorjährigen Tätigkeitsbericht, *diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 161. 1912*) gefundenen Drahtlänge berechnet sind. Da die Drahtlänge in drei gleichen Abteilungen von je 149 Windungen gemessen wurde, ist es möglich, auch für jedes einzelne Drittel von O_2 und O_3 den mittleren Durchmesser und damit den Selbstinduktionskoeffizienten zu berechnen.

Jedes Spulendrittel hat ebenso wie O_1 nahezu den Betrag von 0,01 *Henry*, so daß im ganzen für die Ohmbestimmung 7 fertig berechnete Spulen von 0,01 *Henry* und 2 Spulen von 0,05 *Henry* zur Verfügung stehen. In Tabelle 1 werden die Windungsdurchmesser, die mittleren Ganghöhen und Drahtdicken, sowie die daraus berechneten Selbstinduktionskoeffizienten aller 9 Spulen unter Vorbehalt mitgeteilt, wobei die Unterabteilungen durch römische Indexziffern gekennzeichnet sind.

Tabelle 1.

Sämtliche Werte gelten für 18° C.

Bezeichnung der Spule	Windungsdurchmesser *cm*	Ganghöhe *cm*	Windungszahl	Drahtdicke *cm*	Selbstinduktion (berechnet) 10^7 *cm*
O_1	$35{,}4894_5$	$0{,}099857_8$	162	$0{,}0513_1$	$1{,}01385_9$
O_2	$35{,}4830_6$	$0{,}074940_6$	447	$0{,}0514_2$	$5{,}00344_5$
O_3	$35{,}4746_9$	$0{,}074942_0$	447	$0{,}0505_8$	$5{,}00162_3$
$O_{2\,I}$	$35{,}4794_9$	$0{,}074916_0$	149	$0{,}0514_2$	$1{,}02620_5$
$O_{2\,II}$	$35{,}4846_2$	$0{,}074950_7$	"	"	$1{,}02620_5$
$O_{2\,III}$	$35{,}4850_7$	$0{,}074940_1$	"	"	$1{,}02629_0$
$O_{3\,I}$	$35{,}4736_7$	$0{,}074941_3$	"	$0{,}0505_8$	$1{,}02587_4$
$O_{3\,II}$	$35{,}4760_2$	$0{,}074950_3$	"	"	$1{,}02591_7$
$O_{3\,III}$	$35{,}4743_9$	$0{,}074941_9$	"	"	$1{,}02590_0$

Um ein Urteil über die Fehler zu gewinnen, welche einerseits bei der Ausmessung gemacht sind, andererseits in den bei der Berechnung benutzten Formeln stecken könnten, erschien es zweckmäßig, zunächst die absoluten elektrischen Selbstinduktions-Messungen hintanzustellen und statt dessen mittels der sehr genauen Methode der Selbstinduktions-Vergleichung in der Brückenanordnung nach Giebe die Verhältnisse der berechneten Selbstinduktionswerte nachzuprüfen. Die hierzu notwendigen Messungen sind zwar noch nicht abgeschlossen, doch soll ihr vorläufiges Ergebnis mitgeteilt werden, da die noch zu erwartenden Veränderungen verhältnismäßig klein sind.

In Tabelle 2 sind die Verhältnisse je zweier Selbstinduktionen mitgeteilt, wie sie sich einerseits aus Tab. 1 Spalte 6, andererseits aus den elektrischen Messungen ergeben. Die Vergleichsmessungen von Tab. 2b und 2c konnten nicht direkt, sondern nur mittels einer Hilfsspule (O_1) ausgeführt werden.

Tabelle 2a.

Verhältnis der Selbstinduktionen.

	aus den Dimensionen berechnet	nach der elektrischen Messung	Differenz ber. — beob. in 1/100000
$O_2 : O_1$	4,93505	4,93479	+ 5,3
$O_3 : O_1$	4,93325	4,93280	+ 9,2
$O_2 : O_3$	1,000364	1,000404	— 4,0

Tabelle 2b.

	aus den Dimensionen berechnet	nach der elektrischen Messung	Differenz ber. — beob. in 1/100000
$O_2 : O_{2\,I}$	4,87568	4,87570	— 0,5
$O_2 : O_{2\,II}$	4,87568	4,87576	— 1,6
$O_2 : O_{2\,III}$	4,87527	4,87520	+ 1,6

Tabelle 2c.

	aus den Dimensionen berechnet	nach der elektrischen Messung	Differenz ber. — beob. in 1/100000
$O_3 : O_3$ I	4,87547	4,87546	+ 0,3
$O_3 : O_3$ II	4,87527	4,87517	+ 2,1
$O_3 : O_3$ III	4,87535	4,87535	+ 0,1

Dabei fällt zunächst auf, daß Rechnung und Messung beim Vergleich der Spulen O_2 und O_3 mit ihren Unterabteilungen (Tab. 2b und 2c) und untereinander (Tab. 2a) besser übereinstimmen, als beim Vergleich der Spule O_1 mit O_2 und O_3 (Tab. 2a). Während die Abweichungen zwischen Rechnung und Messung im ersten Falle etwa den bei den Dimensionsmessungen möglichen Fehlern entsprechen, konnte für die beim Vergleich von O_1 mit O_2 und O_3 auftretenden Differenzen eine befriedigende Erklärung bisher nicht gefunden werden.

Bezüglich der möglichen Fehlerquellen sei folgendes erwähnt:

1. Die sehr kleinen Fehler der elektrischen Vergleichungen können außer Betracht bleiben, wie die innere Übereinstimmung der Vergleichungen in Tab. 2a zeigt.

2. Die Gültigkeit der Formeln für die Berechnung der Selbstinduktionskoeffizienten zu bezweifeln, liegt kein Anlaß vor. Die im Verhältnis 4:3 größere Ganghöhe von O_1 als Grund für die fragliche Differenz anzuführen, scheint nach der eingehenden Kritik, welche Rosa den verschiedenen Formeln zur Berechnung von Induktionen gewidmet hat, nicht gerechtfertigt. In bezug auf die Spulenlänge nimmt O_1 eine Mittelstellung zwischen den übrigen Spulen ein.

3. Die Fehler der Ganghöhenmessung gehen nur etwa zur Hälfte in die Selbstinduktionsberechnung ein und kommen wahrscheinlich nicht in Betracht.

4. Die Fehler im Spulendurchmesser gehen mit dem 1,5- bis 1,7fachen Betrage in die Selbstinduktionsberechnung ein. Deshalb ist die für O_2 und O_3 ausschließlich benutzte Abrollmethode, welche für O_1 zu nahe dem gleichen Resultat führte, wie die Komparatormethode, noch einmal einer gründlichen Prüfung unterworfen worden, indem ähnlich wie im vorigen Berichtsjahr die komparatorisch genau bestimmten Durchmesser von 4 Meßscheiben (80, 100, 150, 355 *mm* Durchmesser) miteinander verglichen wurden. Dabei zeigte sich, wie schon früher, eine Übereinstimmung bis auf wenige Hunderttausendstel mit den komparatorisch gemessenen Verhältniszahlen. Die bleibenden Abweichungen, welche die zufälligen Fehler der Abrollmethode zweifellos übersteigen, deuten in keiner Weise auf einen Einfluß der Drahtkrümmung hin, wie es früher für möglich gehalten wurde, sondern sind einerseits auf Fehler der komparatorischen Messungen, die nur auf $\frac{1}{100\,000}$ zu gewährleisten sind, andererseits auf elliptische Form des Drahtquerschnittes zurückzuführen.

Aus letzterem Grunde wurden in einigen Fällen Korrektionen an den durch Wägung bestimmten mittleren Drahtdurchmessern notwendig, die sich durch Verwendung mehrerer Meßscheiben beim Bewickeln der Spulen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bestimmen ließen. Die Unsicherheit über den maßgebenden Drahtdurchmesser bildet natürlich eine Fehlerquelle bei der Bestimmung des Windungsdurchmessers der Spulen, die zur Erklärung der oben genannten Unstimmigkeiten herangezogen werden kann. Es sollen deshalb auch die Durchmesser von O_2 und O_3 noch nach einer komparatorischen Methode bestimmt werden.

5. Eine merkliche Magnetisierbarkeit der Marmorkerne hat sich nicht nachweisen lassen.

5. Verwendung eines Wandlers vor dem Nullinstrument einer Wechselstrombrücke[1].

Wenn der Scheinwiderstand einer Wechselstrombrücke erheblich kleiner ist als der Scheinwiderstand des Nullinstruments, so kann man nach dem Vorschlage von M. Wien die Empfindlichkeit der Anordnung um ein Mehrfaches steigern, indem man einen Wandler vor das Nullinstrument schaltet, der die Spannung hinauftransformiert. Bisher wurde das Übersetzungsverhältnis des Wandlers willkürlich gewählt; es gelang nun, für einen idealen Wandler, bei dem der Magnetisierungsstrom verschwindend klein ist gegen den Betriebsstrom, das günstigste Übersetzungsverhältnis des Wandlers zu berechnen. Ist S_g der Scheinwiderstand des Nullinstruments und S_b der resultierende Scheinwiderstand der Brücke zwischen den Punkten, an denen das Nullinstrument liegt, so ist das günstigste Übersetzungsverhältnis x_m des Wandlers

$$x_m = \sqrt{\frac{S_b}{S_g}}\,.$$

Der Verbesserungsfaktor η, um den die Empfindlichkeit der Anordnung gesteigert wird, berechnet sich für den ungünstigsten Fall, daß S_g und S_b beide induktionslose Widerstände oder beide Induktivitäten sind, zu

$$\eta = \frac{1}{2}\left(x_m + \frac{1}{x_m}\right).$$

Im günstigsten Falle, daß der eine Scheinwiderstand ein induktionsloser, der andere Scheinwiderstand ein induktiver Widerstand ist, ergibt sich für η:

$$\eta = \sqrt{\frac{1}{2}\left(x_m^2 + \frac{1}{x_m^2}\right)}\,.$$

Ferner wurde berechnet, wie groß die Abweichungen vom idealen Fall sein dürfen, damit keine wesentliche Schwächung des Verbesserungsfaktors eintritt, d. h. wie groß z. B. der Leerlaufstrom und die Widerstände der Wandlerspulen sein dürfen. Danach ist es in der Regel praktisch nicht schwierig, einen Wandler herzustellen, der dem idealen Wandler sehr nahe kommt.

Die Kurve, welche den Verbesserungsfaktor η in Abhängigkeit von dem Übersetzungsverhältnis x darstellt, hat einen verhältnismäßig flachen Scheitel; der Verbesserungsfaktor fällt nicht wesentlich schlechter aus, wenn das Übersetzungsverhältnis des Wandlers um etwa 20% von dem günstigsten Wert verschieden ist. Eine Reihe von Versuchen bestätigte das Ergebnis der Rechnung.

6. Messung des Phasenwinkels von Widerständen[2].

Es wurde eine einfache Methode ausgearbeitet, um dekadische Widerstandssätze von höherem Betrage auf ihren Phasenwinkel zu prüfen. Es wurde dazu ein Flüssigkeitswiderstand aus Mannit-Borsäure-Lösung als Vergleichswiderstand verwendet, dessen Winkel unter geeigneten Bedingungen verschwindend klein ist. Die Messung wurde in einer gleicharmigen, genau symmetrisch aufgebauten Brückenanordnung vorgenommen, bei welcher alle Störungen durch Erdkapazitäten und gegenseitige Induktion der einzelnen Brückenzweige vermieden waren.

Die Durchmessung der 10000-Ohm-Spulen eines bifilaren und eines nach Chaperon gewickelten dekadischen Widerstandssatzes von Otto Wolff und ihrer Kombinationen mit kleineren Widerständen ergab, daß bezüglich der vorkommenden Phasenwinkel einfache und übersichtliche Verhältnisse bestehen, so daß sie durch verhältnismäßig wenige Messungen für den ganzen Satz bestimmbar sind.

Eine ausführliche Veröffentlichung ist im Druck.

7. Luftkondensatoren[3].

Von den im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten und inzwischen ausführlich beschriebenen (Anhang Nr. 68) Normal-Luftkondensatoren wurde ein zweiter Satz in der

[1]) Schering, Schmidt.
[2]) Schering, Schmidt.
[3]) Schering, Schmidt.

Werkstätte des Starkstromlaboratoriums gebaut. Hierbei wurden die einzelnen Konstruktionsteile aus Aluminium bzw. Nickelaluminiumguß hergestellt an Stelle des früher verwendeten Messings und Rotgusses, wodurch eine ganz bedeutende Verminderung des Gewichtes erzielt wurde. Ferner wurde an Stelle der Bernstein-Isolierung eine solche aus geschmolzenem Quarz verwendet. Dadurch ist einerseits die Möglichkeit gegeben, die fertigen Kondensatoren durch Erwärmen künstlich zu altern und zu untersuchen, ob dadurch die durch Auslösung von Spannungen mit der Zeit eintretenden geringen Änderungen der Kapazität beseitigt werden, andererseits hat der Quarz gegenüber dem Bernstein den Vorzug der Unveränderlichkeit gegenüber Temperaturänderungen. Die Versuche über die zeitliche Konstanz dieser Kondensatoren sind noch nicht abgeschlossen.

8. Untersuchungen über den Energieverlust in Dielektriken[1]).

Es sind eine größere Zahl künstlicher Isoliermaterialien in einem weiteren Frequenzbereich (12—4500) und bei zwei Temperaturen (15° und 25°) untersucht worden. Die Versuche werden fortgesetzt.

9. Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten fester Körper[2]).

Gelegentlich der Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten (D.-K.) fester Isolatoren, wie des Porzellans und der sogenannten Ausgußmassen, die der Reichsanstalt in Form planparalleler Scheiben zur Prüfung eingesandt waren, stellte sich heraus, daß die gebräuchliche und jedenfalls bequemste Methode, die D.-K. aus dem Kapazitätsunterschied eines Zweiplatten-Kondensators vor und nach Zwischenschieben der Isolatorscheibe zu ermitteln, viel zu wünschen übrig läßt. Die entstehenden Fehler sind auf die Vernachlässigung der Randkorrektion und der Teilkapazität gegen Erde zurückzuführen.

Dem Zweiplatten-Kondensator ist der Dreiplatten-Kondensator mit geerdeten äußeren Belegungen für die D.-K.-Bestimmung fester Körper vorzuziehen, weil dessen Kapazität unabhängig von der Umgebung, also eindeutig definiert ist.

Für die Berechnung der Kapazität des Dreiplatten-Kondensators mit Platten beliebiger Dicke ist eine Formel abgeleitet und experimentell bestätigt worden.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind veröffentlicht (Anhang Nr. 50).

10. Untersuchung von Ferraris-Meßgeräten[3]).

Trotz der großen Bedeutung der Ferraris-Meßgeräte läßt die Sicherheit, mit der man ihre Vorgänge quantitativ behandeln kann, zu wünschen übrig. Aus diesem Grunde wurde bereits im vorigen Jahre mit einer Untersuchung begonnen, die auf eine genauere Berech-

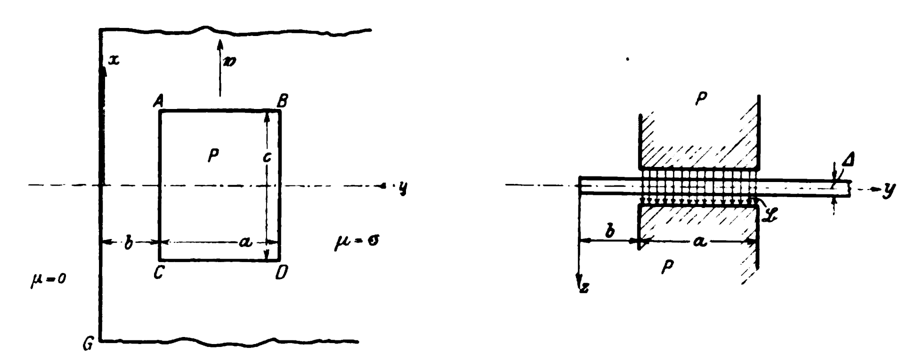


Fig. 1. Idealisierte Anordnung bei der Berechnung des Drehmomentes des permanenten Magneten.

nung des treibenden Drehmomentes eines Wechselstrommotorzählers hinzielte. In diesem Jahre ist die Untersuchung durch Berechnung der bremsenden Drehmomente, die vom permanenten Magneten und vom Felde der Strom- und Spannungsspule des Zählers herrühren, vervollständigt worden. Es wurde in Anlehnung an die Maxwellschen Gleichungen der Fall behandelt (s. Fig. 1), daß eine einseitig begrenzte, unendlich große Platte sich

[1]) Schering, Schmidt.
[2]) Grüneisen, Giebe.
[3]) Rogowski.

langsam in einem Stufenfelde bewegt. Überträgt man die Rechenergebnisse für diesen idealen Fall auf den Wechselstrommotorzähler, so erhält man für das bremsende Drehmoment des permanenten Magneten den Wert

$$D_p = \frac{\Delta \cdot \omega \cdot B^2 \cdot a^2 R^2 (L - M)}{4 \pi w} \left(1 - \frac{2b + a}{2R}\right)^2 \cdot 10^{-8}\ grcm.$$

Hier ist

Δ = Dicke der Scheibe in *cm*,
R = Radius der Scheibe in *cm*,
a; b; c = Abmessungen der Grundfläche des Stufenfeldes nach Fig. 1,
w = Spezifischer Widerstand des Scheibenmaterials in Ohm,
B = Induktion des permanenten Magneten in C.G.S.,
ω = Kreisfrequenz,
L; M = Funktionen nach den Fig. 2 u. 3.

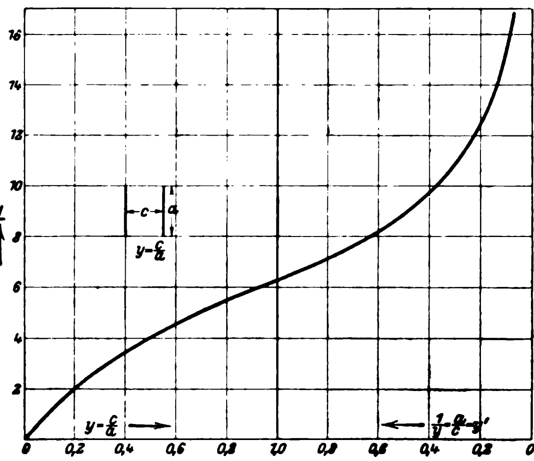
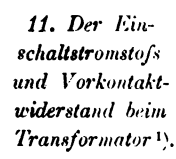


Fig. 2. Die Funktion L, wenn $\frac{c}{a} \leqq 1$.

Weitere Angaben finden sich in der Originalarbeit (Anhang Nr. 64).



11. Der Einschaltstromstoß und Vorkontaktwiderstand beim Transformator[1].

In jüngster Zeit ist der Einschaltstromstoß eines Transformators in der elektrotechnischen Literatur mehrfach behandelt worden. Den Hauptzügen nach sind durch diese Arbeiten die Eigenschaften dieser Erscheinung aufgedeckt worden. Es fehlte jedoch bisher an der genaueren Kenntnis der Abnahme des Einschaltstromstoßes mit wachsendem Transformatorenwiderstande. Gerade diese Frage wurde in einer besonderen theoretischen Untersuchung behandelt. Der Kunstgriff, der zum Ziele führte, bestand darin, daß man die Magnetisierungskurve des Transformators in Fig. 4 in drei geradlinige Abschnitte zerlegt. Für jede dieser Teilstrecken läßt sich die Differentialgleichung für den Einschaltstrom leicht integrieren. Die Berechnung der Höhe des Einschaltstromstoßes verlangt dann nur noch die Bestimmung einiger Konstanten, die auf einem analytisch-graphischen Wege durchgeführt wurde. Es ergab sich das interessante Resultat, daß der Einschaltstromstoß von dem Verhältnis $\frac{E_o}{E_e}$ abhängt (E_o = Ohmscher

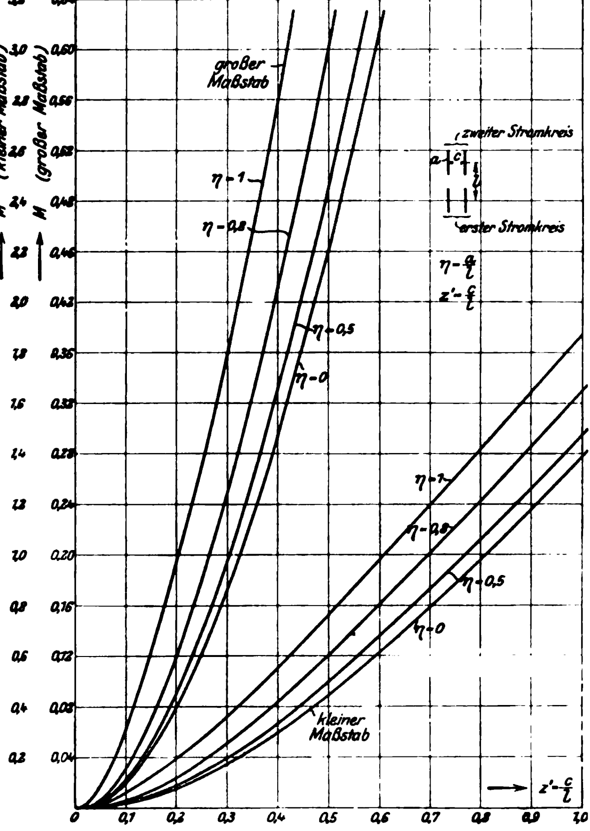
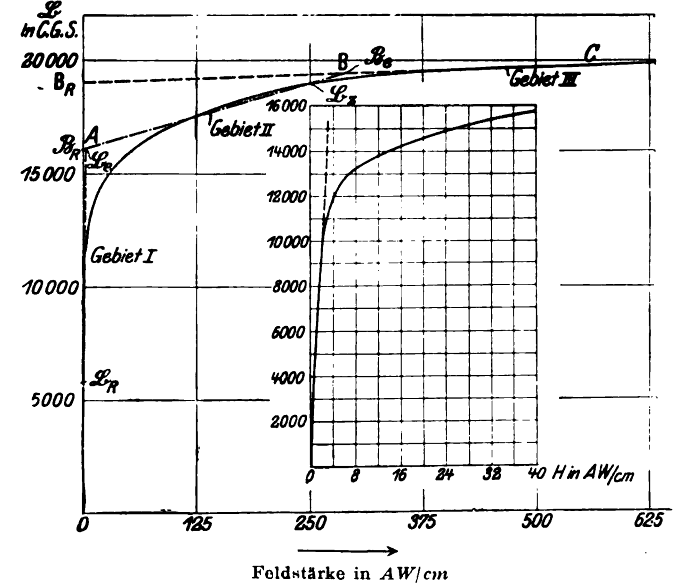


Fig. 3. Die Funktion M, wenn $\frac{c}{a} \leqq 1$.

[1]) Rogowski.

Spannungsabfall, E_e = induzierte EMK), und daß bei sehr kleinen Werten dieses Verhältnisses der Einschaltstromstoß außerordentlich rasch abfällt. Bei größeren Werten von $\frac{E_0}{E_e}$ sinkt er nur langsam. Die Abhängigkeit geht aus Fig. 5 hervor. Weitere Kurven findet man in der Originalarbeit von W. Rogowski: „Einschaltstromstoß und Vorkonstantwiderstand beim Transformator.“ *Archiv für Elektrotechnik* **1.** *S. 344 bis 363. 1912.*



Feldstärke in AW/cm

Fig. 4.
Magnetisierungskurve eines legierten Bleches (4 proz. Siliziumlegierung).

12. Magnetischer Spannungsmesser [1]).

Die magnetische Spannung über einen beliebigen Weg (Linienintegral $\int \mathfrak{H}_s\, ds$ der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$) hat in der Theorie des Magnetismus eine fundamentale Bedeutung. Trotzdem konnte man sie bisher im allgemeinen nicht messen. Dies ist jedoch durch den von Rogowski erfundenen magnetischen Spannungsmesser möglich geworden. *Derselbe besteht aus einer Spule von überall gleichem Querschnitt und überall gleichmäßig dichter Bewicklung.* Bringt man ihn in ein magnetisches Feld, so betragen die Flußwindungen pro Längenelement ds des magnetischen Spannungsmessers: $F N \mathfrak{B}_s\, ds$ (F = Querschnitt; N = Windungszahl pro Längeneinheit; $\mathfrak{B}_s$ = Komponente der Induktion $\mathfrak{B}$ in Richtung des Wegelementes ds). *Die Gesamtzahl der Flußwindungen* $\psi = F \cdot N \int_1^2 \mathfrak{B}_s\, ds = \text{Konst.} \int_1^2 \mathfrak{H}_s\, ds$ *erweist sich somit proportional der magnetischen Spannung zwischen dem Anfang und dem Ende des magnetischen Spannungsmessers.*

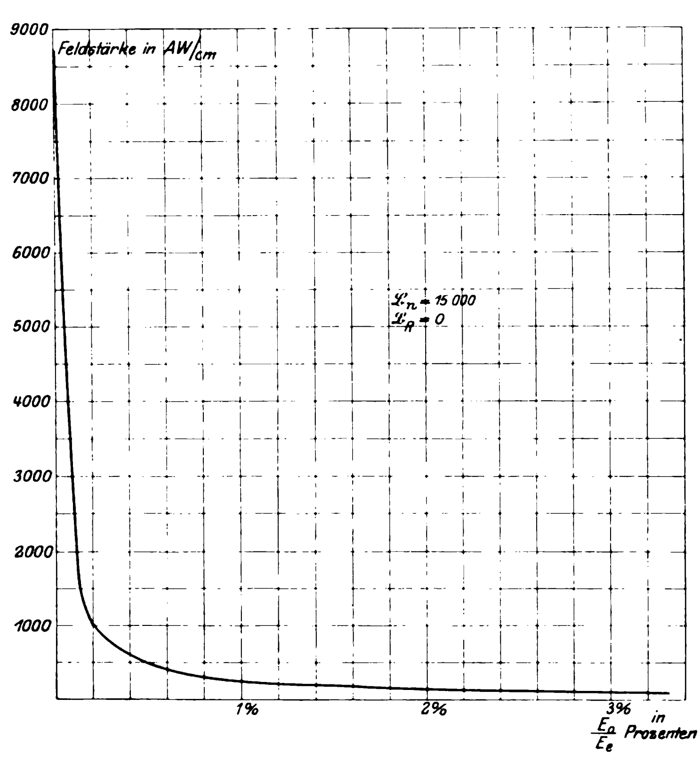


Fig. 5.
Einschaltstromstoß in Abhängigkeit von dem Verhältnis des ohmschen Spannungsabfalls zur induzierten EMK bei der normalen Induktion $\mathfrak{B}_n$ = 15000 und der Remanenz Null.

Die praktische Brauchbarkeit des auf dieser Grundlage beruhenden magnetischen Spannungsmessers (Fig. 6) und das Meßverfahren sind durch Versuche von

[1]) Rogowski, Steinhaus.

Rogowski und Steinhaus (Anhang Nr. 63) gezeigt worden. Es ließ sich nachweisen, daß man ohne besondere Vorsichtsmaßregeln magnetische Spannungen bis auf etwa 2 Proz. messen kann.

Der magnetische Spannungsmesser dürfte sich nicht nur auf dem Gebiete der magnetischen Materialuntersuchung (vgl. *S. 130* dieses Berichtes) nützlich erweisen. Es ist eine Arbeit in Vorbereitung, die zeigen soll, daß er verwendet werden kann zur Untersuchung des magnetischen Kreises elektrischer Maschinen und Apparate, zur Messung von Strömen in Kurzschlußstäben, zur Messung sehr starker Ströme, zur Messung von Durchflutungen, zur Untersuchung des Eisenpaketes und des Übersetzungsverhältnisses von Transformatoren und zu Leistungsmessungen. Die Art der Verwendung des magnetischen Spannungsmessers bei der Untersuchung des Joches elektrischer Maschinen zeigt Fig. 7.

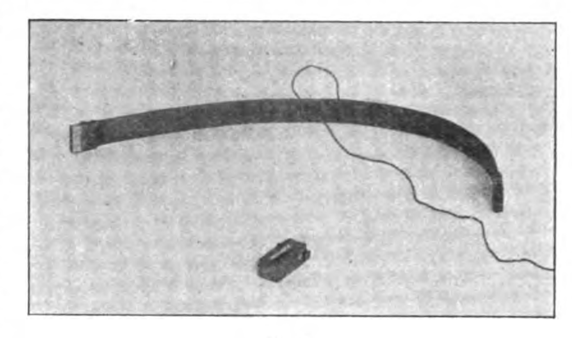


Fig. 6.

13. Messung zusätzlicher Verluste[1]).

Die Reichsanstalt verfügt über ein nicht unbeträchtliches Zahlenmaterial direkt gemessener Werte des Wirkungsgrades und der Verluste kleiner Drehstrommotoren. Es ist dadurch entstanden, daß diese Maschinen auf Prüfungsanträge der Industrie hin mit der Wirbelstrombremse abgebremst wurden. Bei diesen Messungen sind zugleich sämtliche Daten aufgenommen worden, die zur Berechnung der Verluste nach der Leerlaufmethode (§ 41 der Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für Prüfung und Bewertung elektrischer Maschinen) erforderlich sind. Die Differenz der direkt gemessenen und nach der Leerlaufmethode bestimmten Verluste gibt in der Bezeichnungsweise von Dettmar (*Elektrotechn. Zeitschr.* **17.** *S. 556. 1896*) die sogenannten „zusätzlichen" Verluste. Sie bestehen der Hauptsache nach aus erhöhten Kupfer- und Eisenverlusten. Rogowski hat unter Benutzung der Arbeit von F. Emde über Stromverdrängung in Ankernuten berechnet, daß die von dem Kupfer herrührenden Verluste bei den untersuchten *kleinen* Maschinen nicht in Betracht kommen und daß die beobachteten zusätzlichen Verluste daher hier praktisch in *Eisen*verlusten bestehen.

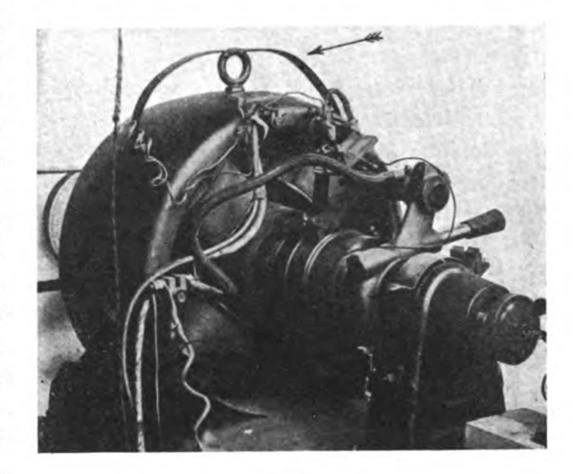


Fig. 7.

Das über eine Anzahl von kleineren Drehstrommaschinen mit Kurzschlußanker in der Reichsanstalt vorliegende Beobachtungsmaterial ist inzwischen von neuem zusammengestellt worden. Dabei hat es sich als praktisch erwiesen, die zusätzlichen Verluste nicht ihrem absoluten Betrage nach, sondern bezogen auf die jeweiligen Verluste der Leerlaufmethode in Abhängigkeit von der Nutzleistung aufzutragen. In allen bisher ermittelten Fällen ergab sich hierbei praktisch eine Gerade (Fig. 8). Ihre Neigung schwankt von Motor zu Motor. Die Untersuchung soll auch auf größere Maschinen ausgedehnt werden.

14. Untersuchung der Boasschen Eichmaschine[2]).

Es hatte sich herausgestellt, daß die Kurvenform der Boasschen Eichmaschine durch Oberwellen entstellt war. In Gemeinschaft mit der Firma Boas wurde an einer Verbesserung

[1]) Vieweg.

[2]) Rogowski, Vieweg.

der Kurvenform gearbeitet. Ein Abschrägen der Polecken führte nicht völlig zum gewünschten Ziele. Es bewährte sich dagegen, die Nuten des Stators schräg zu stellen und einen walzenförmigen Rotor mit verteilter Erregerwicklung zu verwenden. Die Untersuchung ist dem Abschluß nahe und verspricht mit der größten Wahrscheinlichkeit brauchbare Kurven der Strom- und Spannungsmaschine zu liefern.

15. Einfluß der Kurvenform auf die Fehlerkurve eines Zählers[1]).

Die vorige Untersuchung legte folgende Frage nahe: Man eiche einen Wechselstrommotorzähler mit *reinen* Sinuskurven des Stromes und der Spannung und erhalte einen Fehler von a % (Fall 1). Wie groß ist der Fehler, wenn bei der Eichung desselben Zählers Strom und Spannung durch Oberwellen verzerrt sind (Fall 2)?

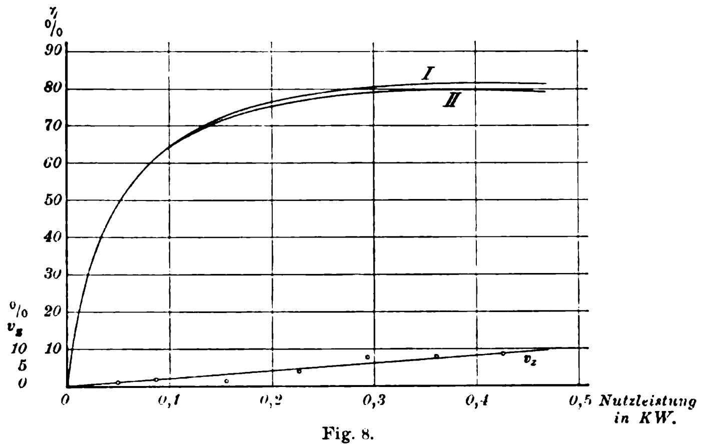


Fig. 8.
Wirkungsgrad eines Drehstrommotors von 0,5 PS, 115 Volt. 1000 Touren:
I nach indirekter Messung,
II nach direkter Messung.

Die Zählereichung beruht auf dem Vergleich der Angaben eines Wattmeters und eines Zählers. Ist im Fall 1 J_0 der Effektivwert des Stromes, E_0 der Effektivwert der Spannung und $\cos\varphi_0$ der Leistungsfaktor, so hat der Ausschlag im Wattmeter den Wert $J_0 E_0 \cos\varphi_0$ und das Drehmoment des Zählers beträgt $\alpha E_0 J_0 \cos\varphi_0$ (α = konst.). Im Falle 2 sind der Strom in der Stromspule des Wattmeters und das Feld der Stromspule des Zählers durch Oberwellen geändert, haben aber gleiche Kurvenform. Dagegen weicht die Kurvenform des Stromes in der Spannungsspule des Wattmeters von der Kurvenform des Feldes der Spannungsspule des Zählers ab. Die Ursache liegt darin, daß die Spannungsspule des Wattmeters praktisch wie ein reiner Ohmscher Widerstand, die Spannungsspule des Zählers wie eine reine Induktivität wirkt. Hat die Oberwelle $n$ter Ordnung bei der Spannung den Effektivwert E_n, so hat die Oberwelle des Stromes in der Spannungsspule des Wattmeters den Wert von $\frac{E_n}{w}$ und die Amplitude beim Spannungsfelde im Zähler den Wert $\beta\frac{E_n}{n}$. Ist weiter J_n der Effektivwert, $\cos\varphi_n$ der Leistungsfaktor bei der betrachteten Oberwelle, so gibt sie zum Ausschlag des Wattmeters den Betrag $J_n E_n \cdot \cos\varphi_n$. Der Beitrag für das Drehmoment im Zähler beträgt $\gamma\frac{J_n E_n \cos\varphi_n}{n}\cdot n$. Der Faktor n erscheint hier im Zähler, weil ihn an derselben Stelle die Formel für das Drehmoment des Zählers enthält. Es fällt somit bei Bildung des Drehmomentes die Ordnungszahl n, wie der obige Ausdruck zeigt, heraus. Aus diesem Grunde müßte trotz der Oberwellen die Eichung auch im Falle 2 auf den Wert von a % führen. Die obige Betrachtung gilt nur dann streng, wenn die Spannungsspule des Zählers wie eine *reine* Induktivität wirkt. Da diese Voraussetzung nur angenähert erfüllt ist, so waren Versuche notwendig. Sie haben gezeigt, daß die Folgerung der obigen Betrachtung sehr nahe zutrifft und Oberwellen über den gesamten Bereich der praktisch vorkommenden Werte für den Leistungsfaktor nur einen geringen Einfluß auf die Eichung haben.

16. Bau von einer Wirbelstrombremse und von Torsions-Dynamometern[2]).

Zur Erweiterung der Einrichtungen für die Abbremsung elektrischer Maschinen wurde eine Wirbelstrombremse entworfen, die bei 1000 Touren pro Min. 5 PS leisten soll.

Zu demselben Zweck wird an dem Bau von Torsions-Dynamometern gearbeitet. Es sind Versuche im Gange, die von Brodhun für die Photometrie benutzte Anordnung eines

[1]) Rogowski, Vieweg.
[2]) Vieweg.

während der Rotation ablesbaren Sektors auf das Torsions-Dynamometer zu übertragen und eine subjektive Ablesemethode mittels Prismen auszuarbeiten.

17. Wellenlänge elektrischer Schwingungen[1]).

Der Wellenlängenbereich der zur Prüfung eingesandten Wellenmesser ist entsprechend den Bedürfnissen der drahtlosen Telegraphie gegen früher beträchtlich erweitert. Es wurden Apparate für Wellenlängen bis zu 25000 *m* geeicht. Die hierdurch geforderte Erweiterung der den Messungen zugrundeliegenden Wellenlängen-Skale geschah durch Beschaffung weiterer Normalkreise, deren Eigenwellenlänge sich nach den Untersuchungen Dießelhorsts (s. Tätigkeitsbericht 1906) sehr genau aus ihrer Selbstinduktion und Kapazität berechnen läßt. Außerdem konnte durch Benutzung der harmonischen Oberschwingungen eines zur Erzeugung der Wellen dienenden Poulsen-Kreises der Meßbereich sowohl nach langen wie nach kurzen Wellenlängen leicht mit großer Genauigkeit erweitert werden (s. Tätigkeitsbericht 1908). Die Ergebnisse einiger zur erneuten Prüfung dieser Methode ausgeführten Versuchsreihen sind veröffentlicht (Anhang Nr. 57).

18. Widerstandszunahme von Spulen bei schnellen Schwingungen[2]).

Die Untersuchungen, über die früher berichtet wurde (s. Tätigkeitsbericht 1909 u. 1910), sind nach verschiedenen Richtungen hin ausgedehnt worden. Es wurden vor allem Spulen aus Kupferbändern untersucht, und zwar zunächst kurze einlagige Zylinderspulen mit dicht nebeneinander liegenden Windungen. Die Bänder lagen mit der Breitseite auf der Mantelfläche der als Spulenkörper dienenden Glaszylinder. Gleichfalls enggewickelte einlagige Spulen von gleichem Durchmesser und gleicher Selbstinduktion aus massiven Runddrähten und Drahtlitzen von angenähert gleichem Kupferquerschnitt ermöglichten den technisch wichtigen Vergleich der verschiedenen Spulenarten. Wie zu erwarten war, trat bei den Bandspulen bereits bei einer erheblich niedrigeren Frequenz als bei den Spulen aus runden Drähten die früher beobachtete Erscheinung ein, daß ihr Widerstand kleiner als der entsprechender Litzenspulen war.

Bei zwei Bandspulen von 5,5 *cm* Höhe und 31 *cm* Durchmesser, die sich lediglich in der Banddicke unterschieden, ergab sich das zunächst überraschende Resultat, daß das dickere Band bei höheren Frequenzen den größeren Widerstand hatte. Dagegen bestätigten Messungen an enggewickelten langen Spulen (Solenoiden) aus denselben Kupferbändern die Sommerfeldsche Theorie, wonach der Widerstand des dickeren Bandes kleiner ist als der des dünneren, sich jedoch asymptotisch diesem mit wachsender Frequenz nähert. Die Ursache für diesen wesentlichen Unterschied in dem Verhalten kurzer und langer Spulen wird man in der verschiedenen Feldverteilung bzw. in der verschiedenen Änderung des Feldes mit der Frequenz zu suchen haben. Während die mit wachsender Frequenz stromlos werdenden Teile des Leiterquerschnittes bei langen Spulen in einem Gebiet liegen, wo das magnetische Feld der Spule gleich Null ist, wird bei kurzen Spulen das äußere Feld von merklicher Intensität in jene Leiterteile nachrücken und so weitere Wirbelstromverluste bedingen. Im Einklang mit dieser Vorstellung steht der weitere experimentelle Befund, wonach von zwei Bandspulen, deren Länge etwa 3mal so groß als ihr Durchmesser war, die Spule aus dickerem Band bei höheren Frequenzen zwar noch einen größeren Widerstand hatte als die aus dünnerem Band, daß dagegen der Unterschied beträchtlich kleiner war als bei den früher untersuchten kürzeren Spulen. Auf die nämliche Erscheinung ist schließlich die Beobachtung zurückzuführen, daß auch bei kurzen Spulen aus runden Massivdrähten der Widerstand bei höheren Frequenzen nicht proportional der Wurzel aus der Frequenz wie bei Solenoiden, sondern erheblich schneller ansteigt.

Die kurzen einlagigen Zylinderspulen aus Band, Runddraht und Litze wurden ferner verglichen mit entsprechenden, in einer Ebene liegenden Spiralen (Flachspulen) gleicher Selbstinduktion. Trotzdem bei diesen Spulen wegen der stärkeren Koppelung der einzelnen Windungen die Drahtlänge und damit der Widerstand bei Gleichstrom kleiner war als bei den Zylinderspulen, stieg ihr Widerstand bei höheren Frequenzen auf größere Werte. Für die Wahl der günstigsten Spulenform bei hohen Frequenzen wird also hier der Skineffekt

[1]) Lindemann.

[2]) Lindemann, Hüter.

gegenüber dem Ohmschen Widerstand von ausschlaggebender Bedeutung. Diejenige Spule wird die günstigste sein, bei welcher der Leiter in einem möglichst schwachen Felde liegt bei möglichst kleiner Drahtlänge.

Die bei diesen Versuchen verwendeten Litzen aus 0,07 *mm* dicken emaillierten Einzeldrähten entsprachen einigen in der Technik vielfach verwendeten Typen und waren von der Firma C. Vogel A.-G. in Adlershof zur Verfügung gestellt. Sie unterschieden sich von den früher untersuchten Litzen vor allem dadurch, daß mit Rücksicht auf die bequemere Herstellung bei der Verdrillung nicht so weitgehend die völlige Gleichwertigkeit der Einzeldrähte bezüglich ihres Widerstandes und ihrer Selbstinduktion angestrebt war, welche für eine gleichmäßige Verteilung des Stromes zu fordern ist. So bestanden die Elementarlitzen, durch deren weitere mehrfache Verdrillung die Litze entsteht, bereits aus 19 einfach verdrillten Einzeldrähten. Einige Litzen hatten eine ganz im Innern liegende Mittelader, um welche die übrigen Elementarlitzen einfach gedrillt waren. Die Messungen ließen deutlich den Einfluß dieser verschiedenen Wickelungsarten erkennen. Da die Versuche bis auf kürzere Wellen ausgedehnt wurden als früher, so konnte jetzt der bei Litzen aus 0,07 *mm* dicken Einzeldrähten früher nicht erreichte Schnittpunkt der Widerstandskurven für die Litze und den Massivdraht beobachtet werden. Bei den höheren Frequenzen erfolgte die Widerstandszunahme der Litzen im Einklang mit den früheren Versuchen nahezu proportional dem Quadrat der Frequenz.

19. Elektrolytische Ventilwirkung[1]).

Im Anschluß an die Versuche des vorigen Jahres wurde das elektrochemische Verhalten des Eisens in Schwefelsäure untersucht, wobei sich folgendes ergab: Eisen zeigt in Schwefelsäure neben Passivität auch Ventilwirkung. Bei Konzentrationen der Schwefelsäure unter 50 % ist nur Passivität vorhanden. Von 60 % an tritt bei anodischer Belastung des Eisens mit 3 Milliamp./*qcm* vor der Passivität Ventilwirkung auf, die jedoch bis zu einer Konzentration der Schwefelsäure von 75 % instabil ist und bei längerer Einschaltung in Passivität übergeht. Bei höheren Konzentrationen ist dagegen die Ventilwirkung beständig. Die Maximalspannung liegt je nach der Konzentration der Schwefelsäure zwischen 40 und 70 Volt. Unterhalb der Maximalspannung fließt nur ein sehr geringer Reststrom durch die Zelle. Z. B. in rauchender Schwefelsäure bei 30 Volt 70 Minuten nach Beginn der Formierung ein Strom von 0,06 Milliamp./*qcm*. In konzentrierter und in rauchender Schwefelsäure richtet Eisen Wechselstrom gleich. Die Erscheinungen sind dieselben wie bei Aluminium. Die elektrostatische Kapazität der bei der Formierung des Eisens gebildeten wirksamen Schicht ist von derselben Größenordnung und vom Wassergehalte der Schwefelsäure in ähnlicher Weise abhängig wie die des Aluminiums. Ähnlich wie Eisen verhalten sich Nickel und Kobalt.

Ferner zeigen in rauchender Schwefelsäure Ventilwirkung und Gleichrichtung von Wechselstrom: Al, Ta, Mg, Cd, Zn, Sb, Bi, Cu, Sn (Pb).

Die Versuche sind veröffentlicht. (Anhang Nr. 71.)

In wasserfreier geschmolzener Phosphorsäure (bei 50° C) wurde gute Ventilwirkung bisher nur bei Bi, Sb, Ta gefunden, während Al, Mg, Pb, Sn, Ag, Cd, Zn eine unvollkommene und Cu, Fe, Co keine Ventilwirkung zeigen.

20. Glasdiffusion[2]).

Bei der elektrolytischen Einführung von Silber aus geschmolzenem Silbernitrat in Glas traten Störungen auf, als deren Ursache eine sich über die Elektrolyse lagernde Diffusion von Silber in Glas erkannt wurde. Die ausführliche Untersuchung dieser Diffusion führte zu folgenden Ergebnissen: Das Silber diffundiert in Form freier Ionen aus dem geschmolzenen Silbernitrat in das Glas, und für jedes eintretende Silberion tritt ein Natriumion aus dem Glase aus. Die Leitfähigkeit des benutzten Thüringer Glases wurde durch den Ersatz des Natriums durch Silber auf das 1,5fache erhöht. Die in das Glas diffundierende Silbermenge ist der Wurzel der Diffusionsdauer und der Wurzel aus der Leitfähigkeit des Glases × absolute Temperatur proportional. Die Konzentration des Silbers im Glase nimmt mit zunehmender

[1]) Günther Schulze.
[2]) Günther Schulze.

Tiefe gradlinig ab. Für die bei Verdünnung der Silbernitratschmelze mit Natriumnitrat in das Glas diffundierenden Silbermengen sowie für die Konzentration des Silbers in der Glasoberfläche und die Eindringtiefe des Silbers werden auf Grund einfacher Annahmen Formeln abgeleitet und durch die Versuche bestätigt. Letztere werden veröffentlicht.

21. Dissoziationsgrad geschmolzenen Chlorsilbers und Bromsilbers[1]).

Auch aus geschmolzenem Chlorsilber und Bromsilber diffundiert Silber in Glas. Die aus diesen Schmelzen in Glas einwandernden Silbermengen nehmen stark ab, wenn den Schmelzen Chlornatrium oder Bromnatrium zugesetzt wird. Aus der als Funktion dieser Zusätze gemessenen Silbereinwanderung läßt sich auf Grund der oben gefundenen Gesetze der Diffusion und mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes der Dissoziationsgrad von reinem geschmolzenen Chlorsilber und Bromsilber berechnen. Die Versuche ergaben für Chlorsilber bei 461° C den Dissoziationsgrad $1{,}3 \cdot 10^{-3}$, für Bromsilber bei 450° C $2{,}4 \cdot 10^{-4}$. Die Versuche werden veröffentlicht.

B. Schwachstrom-Laboratorium[2]).

1. Laufende Prüfungsarbeiten.

Im Jahre 1912 sind geprüft

13 Proben Leitungsmaterial (5 Anträge);
93 Einzelwiderstände;
21 Widerstandssätze mit zusammen 746 Abteilungen (2 Kompensatoren mit Meßbrücke, 4 von verschiedener Bauart, 3 Meßbrücken, 9 Widerstandssätze, 3 Verzweigungsbüchsen);
2 verschiedene Gegenstände (Spiegelgalvanometer nach Deprez-d'Arsonval und Walzenbrücke nach Kohlrausch mit Nonius);
29 Clark-Elemente;
24 internationale Weston-Normalelemente (mit Überschuß an Kadmiumsulfatkristallen);
80 Weston-Elemente (mit einer bei 4° gesättigten Lösung);
58 Primär-Elemente (nasse und Trocken-Elemente; 10 Anträge);
20 Akkumulatoren (3 Anträge).

2. Widerstände.

Von den geprüften Einzelwiderständen waren 67 Draht- und 26 Blechwiderstände, sämtlich aus Manganin. Für 77 Widerstände und Widerstandssätze lagen Angaben über den Besteller oder Eigentümer vor. Danach waren 39 für das Ausland bestimmt, und zwar für Österreich-Ungarn 9, für Dänemark und die Niederlande je 6, für die Vereinigten Staaten und Großbritannien je 4, die übrigen für die Schweiz, Italien, Japan, Schweden.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden 39 Einzelwiderstände und 6 Widerstandssätze mit 222 Abteilungen untersucht.

3. Normalelemente.

Bei den Clark-Elementen, deren Zahl gegen das Vorjahr gestiegen ist, lag die Abweichung vom Sollwerte (1,4324 Volt bei 15° C)

bei 3 Stück zwischen 0,0000 und 0,0004 Volt,
„ 10 „ „ 0,0004 „ 0,0007 „ ,
„ 15 „ „ 0,0007 „ 0,0010 „ :
1 Element war fehlerhaft (Sprung im Glas).

Die Abweichungen zwischen 0,0004 und 0,0010 waren durchweg positiv.

Bei den internationalen Weston-Normalelementen (mit Überschuß an Salz) lag die Abweichung vom Normalwerte (1,0183 Volt bei 20° C)

bei 13 Stück zwischen 0,0000 und 0,0001 Volt,
„ 9 „ „ 0,0001 „ 0,0002 „ ,
„ 2 „ „ 0,0002 „ 0,0003 „ .

Die Abweichungen zwischen 0,0001 und 0,0003 waren durchweg positiv.

Die Prüfung der Weston-Elemente mit bei 4° C gesättigter Kadmiumsulfat-Lösung ergab (bei Zimmertemperatur) die folgenden Werte:

---

[1]) Günther Schulze.
[2]) Grüneisen.

bei 1 Stück 1,0181 Volt,
„ 1 „ 1,0183 „ ,
„ 3 „ 1,0184 „ ,
„ 1 „ 1,0185 „ ,
„ 1 „ 1,0186 „ ,
„ 28 „ 1,0187 „ ,
„ 41 „ 1,0188 „ ,
„ 4 „ 1,0189 „ .

4. Nachprüfung f. d. elektrischen Prüfämter.

Von den Kontrollnormalen der elektrischen Prüfämter wurden 42 Einzelwiderstände und 13 Normalelemente geprüft.

5. Änderung von Drahtwiderständen.

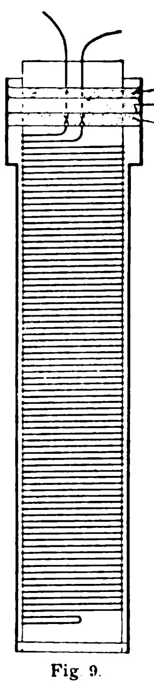


Fig. 9.

Ein Schutz der schellackierten Drahtwiderstände gegen Feuchtigkeitseinflüsse, der sich nicht nur an Einzelwiderständen, sondern im Bedarfsfall auch an Widerstandskästen anbringen läßt, scheint durch folgende, gegen die des *Bureau of Standards* etwas veränderte Einrichtung gegeben zu sein: Die in gewöhnlicher Weise auf ein Kernrohr gewickelte Drahtspule wird in ein engumschließendes dünnwandiges Schutzrohr aus Messing gesteckt. Der Raum zwischen Kernrohr und Schutzrohr wird am unteren Ende durch einen Messingring, am oberen Ende durch einen Ebonitring abgeschlossen, der für die Zuleitungen zur Drahtspule zwei feine Bohrungen besitzt. Der luftdichte Abschluß ist versuchsweise unten entweder durch Verlötung, oder durch Bestreichen mit Schellack bewirkt, oben durch Ausgießen des über dem Ebonitring *e* bleibenden Ringkanals mit Schellack *s* oder Paraffin *p*. Da sich Paraffin in Petroleum löst, wird es zweckmäßig noch mit Schellack überzogen. Fig. 9 gibt die Skizze einer in solcher Weise geschützten Spule. Die bisher untersuchten Spulen von 1000 Ohm sind nicht mit Paraffin, sondern mit Schellack abgedichtet. Die an ihnen und an einer ungeschützten Spule gesammelten Erfahrungen (Tab. 3) sind günstig. Ein Einfluß der Feuchtigkeit konnte noch nicht konstatiert werden. Das Anwachsen des Widerstandes der dritten Spule trat bereits auf, als die Spule noch in 0% Feuchtigkeit aufbewahrt wurde, und blieb in der mittleren Feuchtigkeit des Zimmers bestehen, kann also wohl kaum auf Feuchtigkeitseinflüsse zurückgeführt werden. Ein endgültiges Urteil über die Brauchbarkeit des Schutzrohres kann aber erst nach Fortsetzung der Versuche mit diesen und ähnlichen Spulen gefällt werden.

Tabelle.

Zeit	Spule 1 ohne Schutzrohr		Spule 15 mit Schutzrohr, oben und unten Schellackdichtung		Spule 16 mit Schutzrohr, unten verlötet, oben Schellack	
	Ermittelter Wert bei 18° C	Differenz	Ermittelter Wert bei 18° C	Differenz	Ermittelter Wert bei 18° C	Differenz
24. IX. 1912	1000,164	+ 3	999,329	+ 5	999,484	+ 8
27. „ „	1000,167		999,334		999,492	
„ „ „	*in 0% Feuchtigkeit*	− 136	*in 0% Feuchtigkeit*	− 3	*in 0% Feuchtigkeit*	− 2
30. „ „	1000.031	− 27	999,331	− 2	999,490	− 1
7. X. „	1000,004	− 5	999,329	− 3	999,489	− 1
12. „ „	999,999	− 5	999,326	− 2	999,488	+ 1
18. „ „	999,994	± 0	999,324	− 4	999,489	+ 4
8. XI. „	999,994	− 1	999,320	+ 3	999,493	+ 5
18. „ „	999,993		999,323		999,498	
„ „ „	*in Zimmerluft*	+ 64	*in Zimmerluft*	− 5	*in Zimmerluft*	− 1
26. „ „	1000,057	+ 53	999,318	± 0	999,497	+ 2
5. XII. „	1000,110	+ 19	999,318	− 1	999.499	+ 2
13. „ „	1000,129	+ 29	999,317	− 1	999,501	+ 7
3. I. 1913	1000,158		999,316		999,508	

Über die „Ohmarbeit“ und die Untersuchung von Dielektrizitätskonstanten, an denen das Schwachstromlaboratorium beteiligt war, vgl. oben *S. 114 und S. 118.*

C. Referat für die Elektrischen Prüfämter [1].

Die im vorjährigen Berichte erwähnten Verhandlungen über die Geschäftsordnung für das in Barmen zu errichtende Prüfamt und für das Prüfamt Bremen sind zum Abschluß gelangt.

1. Geschäftsordnung der Prüfämter.

In Bremen ist die Angelegenheit versuchsweise auf die Dauer von drei Jahren so geordnet worden, daß dem Prüfamtsvorsteher außer dem Prüfamte noch eine mechanische Werkstätte und ein Versuchslaboratorium des Elektrizitätswerks unterstellt wird. In der Werkstätte sollen die erforderlichen Ausbesserungen an Zählern vorgenommen und in dem Laboratorium Messungen an Maschinen, Apparaten, Leitungen und Gebrauchsgegenständen für das Elektrizitätswerk angestellt werden. Hinsichtlich seiner Tätigkeit als Vorsteher des Versuchslaboratoriums ist der Prüfamtsvorsteher dem Direktor des Städtischen Elektrizitätswerks unterstellt worden.

Die Geschäftsordnung für das in Barmen zu errichtende Prüfamt, welche die Genehmigung der vorgesetzten Behörde gefunden hat, ist derjenigen für das Bremer Prüfamt ähnlich.

Die Eröffnung des Prüfamts in Barmen soll wegen Raummangel frühestens in einem Jahre stattfinden.

2. Erweiterungen der Prüfämter.

Das Prüfamt Bremen ist im Laufe des letzten Sommers in größere, in der Schlachthofstraße in Bremen gelegene Räume umgezogen. — Die Prüfämter in München, Nürnberg und Chemnitz sind mit Erweiterungen ihrer Prüfeinrichtungen beschäftigt. Außerdem haben sich sämtliche Prüfämter auf die Ausführung von Lichtmessungen nach Maßgabe des Leuchtmittel-Steuergesetzes eingerichtet.

3. Erweiterung der Prüfungsbefugnisse.

Über den Umfang der Erweiterungen ihrer Prüfungsbefugnisse, welchen die einzelnen Prüfämter gemäß den Beschlüssen der Prüfämterkonferenz vom März 1911 anstreben, haben bei der diesjährigen Besichtigung durch den Referenten für die elektrischen Prüfämter eingehende Verhandlungen mit den einzelnen Prüfamtsvorstehern stattgefunden. Die Prüfämter wünschen, daß sie nicht nur diejenigen Prüfungen und Nacheichungen von elektrischen Meßgeräten, welche sie bisher für ihren eigenen Gebrauch vorzunehmen hatten, auch für fremde Auftraggeber ausführen dürfen, sondern daß sie auch Untersuchungen von Materialien und Installations- und Gebrauchsgegenständen für elektrische Zwecke mit ihren bisherigen Einrichtungen, soweit diese ausreichen, vornehmen dürfen. Eine Beschäftigung mit Blitzableiterangelegenheiten und Abhaltung von Lehrkursen für Blitzableitersetzer sind sie bereit, aufzunehmen, sofern nicht an den betreffenden Orten bereits Veranstaltungen für diesen Zweck bestehen. Ein besonderes Gewicht wird von einigen Prüfämtern darauf gelegt, daß sie auch elektrische Maschinen und Anlagen sowie Pläne für elektrische Unternehmungen amtlich prüfen und begutachten dürfen, da sie gerade hierzu von ihrer vorgesetzten Behörde und anderen öffentlichen Körperschaften nicht selten herangezogen werden.

4. Neue Prüfordnung.

Um diesen Wünschen sowie auch dem vom Verbande Deutscher Elektrotechniker gestellten Antrage nach Regeln für die bei den Systemprüfungen an die Zähler zu stellenden Anforderungen und auch sonst hervorgetretenen Bedürfnissen zu entsprechen, ist ein Entwurf für eine zweite Ausgabe der Prüfordnung für elektrische Meßgeräte in Bearbeitung.

5. Systemprüfungen.

Im Jahre 1912 sind 16 Prüfungen neuer Zählersysteme oder Ergänzungen zu früher zugelassenen Systemen angemeldet worden. 13 Anträge wurden zugelassen, 3 abgelehnt, 1 zurückgezogen. 11 Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die elektrischen Prüfämter sind herausgegeben worden, welche die Nummern 67 bis 76 tragen.

Durch diese sind folgende Zählersysteme neu zugelassen worden:

System [67]: *Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom*, Form CB und DB, hergestellt von der Fabrik elektrischer Apparate von Landis und Gyr in Zug in der Schweiz.

[1] Feußner.

System [68]: *Magnetmotorzähler für Gleichstrom*, Form BA und BA1, hergestellt von den Bergmann-Elektrizitätswerken in Berlin.

„ [69]: *Induktionszähler für zwei- und dreiphasigen Wechselstrom*, Form Da, hergestellt von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

„ [70]: *Magnetmotorzähler für Gleichstrom*, Form Ca und Cb, hergestellt von den Isaria-Zählerwerken in München.

„ [71]: *Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom*, Form WEI und WDI, hergestellt von der Firma Hermann Pipersberg jr. in Lüttringhausen und in Berlin.

„ [72]: *Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom*, Form N, nebst Stromwandlern, Form AAE und Spannungswandlern, Form T, hergestellt von der Westinghouse-Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

Außerdem wurden dem System [45] fünf weitere Formen, den Systemen [23], [27], [23] und [63] je eine weitere Form, sämtlichen zugelassenen Systemen der Firma Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Siemens-Schuckertwerke und H. Aron Formen mit Doppelzählwerk und sämtlichen Wechsel- und Drehstromsystemen der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Strom- und Spannungswandler der Form U eingereiht.

6. Elektrische Prüfämter.

Über die Tätigkeit der Elektrischen Prüfämter gibt die folgende Tafel eine Übersicht. Im Jahre 1912 wurden geprüft vom

Prüfamt:	Ilmenau	Hamburg	München	Nürnberg	Chemnitz	Frankf. a. M.	Bremen
a) Zähler							
im ganzen	280	701	11019	880	88	6724	2011
davon nachgeeicht	132	41	2398	72	7	953	633
„ ausgebessert	112	185	2027	27	7	604	36
„ beglaubigt	212	378	4559	832	45	5264	1556
„ mit Verkehrsstempel	62	279	5417	38	11	1391	369
„ unzulässig befunden	6	44	1114 [1]	10	4	69	86
b) Tarifuhren, Zeitzähler u. andere Tarifgeräte	94	—	2511 [2]	—	—	1090	—
c) Strom-, Spannungs- u. Leistungsmesser und andere Meßgeräte	1	16	85	13	29	45	124
d) Elektrische Gebrauchsgegenstände	—	64	58 [3]	—	4	6	78

D. Magnetisches Laboratorium [4].

1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten [5].

Die Anzahl der Prüfungen von *Materialien* betrug

für unmagnetisches Material (Nickelstahl) 46
„ Stahlguß, Gußeisen, Magnetstahl 41
„ Hufeisenmagnete 2
„ Dynamoblech 138

[1]) Darunter 274 neue Zähler.

[2]) Die am Versuchsorte ausgeführten Kontrollen der Tarifuhren und die im Eichraum vorgenommenen Überprüfungen der Blockbegrenzer sind nicht eingerechnet.

[3]) Anzahl der Prüfungsaufträge.

[4]) Gumlich, Steinhaus.

[5]) Gumlich, Steinhaus.

Von letzteren Proben wurden 76 statisch, 62 wattmetrisch untersucht, und zwar meist bei 2 Induktionen ($\mathfrak{B}$ = 10000 und 15000); in mehreren Fällen mußten auch ganze Verlustkurven zwischen $\mathfrak{B}$ = 7500 und $\mathfrak{B}$ = 15000 aufgenommen werden. Bei drei Proben wurden die statischen Messungen nach der Isthmusmethode bis zur Sättigung durchgeführt. In einem Falle wurde die Größenordnung der Kompaßstörung durch Periskope aus Nickelstahl experimentell bestimmt. In zwei Fällen wurden auf Wunsch des Kaiserlichen Patentamts durch umfangreiche Untersuchungen über den Einfluß der Höhe der Glühtemperatur und die Geschwindigkeit der Abkühlung auf die magnetischen Eigenschaften von legiertem Blech die Unterlagen für die Entscheidung von schwebenden Patentstreitverfahren geliefert. Es hat also im Vergleich zum Vorjahre nicht nur die Anzahl der Prüfungen um etwa 50% zugenommen, sondern auch ihr Umfang war z. T. sehr beträchtlich, so daß die gesamte Prüftätigkeit des magnetischen Laboratoriums auf ungefähr das Doppelte der vorjährigen gestiegen ist. Da es nicht möglich war, diese außergewöhnliche und unerwartete Zunahme der Prüfungen durch eine entsprechende Vermehrung der Arbeitskräfte auszugleichen, so konnten leider die begonnenen wissenschaftlichen Untersuchungen nicht in erwünschtem Maße gefördert werden.

2. Magnetischer Kreis unter Berücksichtigung der Hysterese[1].

Untersuchungen über den Induktionsfluß und die Streuungsverhältnisse bei einem Ring aus magnetisch weichem Flußeisen, bei welchen die Magnetisierungswickelung in sehr verschiedener Anordnung verwendet wurde, ergaben die Unrichtigkeit der verbreiteten Ansicht, daß es zur Erzielung eines bestimmten Induktionsflusses im magnetischen Kreis im wesentlichen nur auf die *Anzahl* der Amperewindungen ankomme, nicht aber auf deren Anordnung. Ein entsprechendes Resultat lieferten die Versuche am unzerschnittenen und am zerschnittenen Epsteinrahmen.

Die schon früher begonnenen Versuche über die Magnetisierung von Kombinationen magnetisch harten und weichen Materials, von welchen sich Aufschlüsse über das magnetische Verhalten von hartem und weichem Stahl erwarten lassen, sind fortgeführt worden und haben z. T. interessante Ergebnisse geliefert, über welche später im Zusammenhang berichtet werden wird.

3. Einfluß von Erschütterungen auf die magnetischen Eigenschaften von Dynamoblech[2].

Die vielfach beobachtete und auch zu geschäftlichen Komplikationen führende Tatsache, daß die Abnehmer von Dynamoblech ungünstigere magnetische Eigenschaften bei dem Material finden als die Lieferanten, obgleich die Messungen beider Teile mit möglichster Sorgfalt ausgeführt wurden, legte die Vermutung nahe, daß die schon früher beobachtete allmähliche Änderung der magnetischen Eigenschaften von magnetisch weichem Material bei bloßem Lagern[3] (Abnahme der Maximalpermeabilität und Remanenz, Zunahme der Koerzitivkraft und des Hystereseverlustes) durch die Wirkung von Stößen, welchen die Bleche auf mehrtägigen Eisenbahntransporten ausgesetzt sind, erheblich beschleunigt werden könnte. Zur Entscheidung dieser für die Technik nicht unwichtigen Frage wurden sechs Paare von Probebündeln aus geglühtem Dynamoblech verschiedener chemischer Zusammensetzung im Joch untersucht. Sodann wurde die eine Hälfte etwa 100 Stunden lang in einer rotierenden Blechtrommel geschüttelt, während die zur Kontrolle dienende andere Hälfte der Bündel ruhig lagerte. Die noch nicht abgeschlossenen Versuche, über welche später berichtet werden wird, ergaben tatsächlich einen deutlichen Einfluß der Erschütterungen in dem erwarteten Sinne.

4. Messungen von hohen Induktionen im Joch[4].

Die bisherigen Versuche haben ergeben, daß es mittels einer Kombination von Joch und Isthmusmethode möglich ist, Feldstärken von 3000 bis 4000 Gauß innerhalb der Jochspule zu erzielen, und daß in dieser Anordnung die gewöhnlichen, zur Jochuntersuchung bei niedrigen Feldstärken verwendeten Stäbe von 6 *mm* Durchmesser auch bis zur Sättigung untersucht werden können. Eine entsprechende Vorrichtung ist in Arbeit. Auch zur Prüfung von Dynamoblech bis zur Sättigung wird sich die Methode voraussichtlich verwenden lassen.

---

[1]) Gumlich, Steinhaus.
[2]) Gumlich, Steinhaus.
[3]) Gumlich und Vollhardt, *Elektrotechn. Zeitschr.* **29.** *S. 907. 1908.*
[4]) Gumlich, Steinhaus.

5. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung bei Eisenlegierungen.

Die Untersuchung der von der Firma Krupp (Essen) zur Verfügung gestellten Eisen-Aluminium-Legierungen (bis 10% Aluminium) ist zu einem vorläufigen Abschlusse gelangt und hat interessante Gesetzmäßigkeiten ergeben, welche z. T. wohl auch technisch verwendbar sein dürften; doch sind hierüber noch spezielle Versuche in Aussicht genommen.

Die Untersuchung der ebenfalls von der Firma Krupp in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellten Eisen-Mangan-Legierungen (bis 16% Mangan) hat begonnen.

6. Prüfung und Anwendung des magnetischen Spannungsmessers[1].

Die Prüfung des auf S. 121 erwähnten magnetischen Spannungsmessers geschah durch Messung der magnetischen Umlaufspannung, die sich nach der Theorie proportional der zugehörigen Durchflutung und unabhängig vom Integrationswege sowie von der Anwesenheit ferromagnetischen Materials im Felde erweisen soll. In der Tat waren diese Forderungen hinreichend genau erfüllt. Der magnetische Spannungsmesser wurde benutzt, die Mehrdeutigkeit der magnetischen Spannung *experimentell* zu zeigen. Seine Verwendbarkeit zu magnetischen Materialuntersuchungen wurde durch Beispiele belegt (Anhang Nr. 63).

Neuerdings ist das Instrument auf seine Brauchbarkeit zu absoluten, statischen Messungen im Epsteinapparat eingehend untersucht worden. Bis herunter zu 1 AW/*cm* läßt sich dieses Verfahren ohne Schwierigkeit benutzen. Die Übereinstimmung der Resultate mit denen, die nach der von Gumlich und Rogowski[2] angegebenen absoluten Methode erhalten wurden, ist recht gut. Gleichzeitig hat eine genauere Untersuchung der Luftschlitze im Epsteinrahmen stattgefunden. Bei Wechselstrombetrieb des Epsteinapparates sind schließlich oszillographische Aufnahmen mit dem magnetischen Spannungsmesser gemacht worden. Die bereits abgeschlossenen Versuche sollen in kurzem veröffentlicht werden.

(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Invardrahtmessungen des k. und k. militärgeographischen Instituts.

Von K. Gaksch. *Mitteil. k. k. militärgeogr. Inst., Bd. XXXI (1911), S. 63. Wien 1912.*

Precise measuring with Invar wires and the measurement of Kootenay Base.

Von P. A. Carson. S.-A. aus *Journal R. Astron. Soc. Canada. 1911. S. 36;* s. auch *Appendix No. 13* (*Report* von P. A. Carson über *„Triangulation Survey in the Railway Belt of British Columbia"*) zum *Annual Report of the Topographical Survey Branch, Canada 1909/10. Ottawa 1911.*

An account of the measurement of a geodetic Base Line at Lossiemouth 1909,

with a discussion on the theory of measurement by metal tapes and wires in catenary. Ordnance Survey, Profess. Papers, New Series No. 1. 4°. London 1912.

Die genannten drei Arbeiten aus Österreich, Canada und England möchte ich im folgenden kurzen Referat zusammenfassen, weil sie, besonders die erste und die letzte, nicht nur über neue Anwendungen des bekannten Messungsverfahrens mit Invardrähten und Invarbändern an bestimmten Stellen berichten, sondern auch Beiträge zur Theorie und neue Erfahrungen zur Verbesserung dieses Messungsverfahrens zu geben suchen.

Hauptmann Gaksch (Leiter der trigonometrischen Abteilung des militärgeogr. Instituts Wien) macht Mitteilungen über die bisherigen Verwendungen der vier vom Institut erworbenen französischen 24 *m*-Invardrähte Nr. 164—167 von der gewöhnlichen Einrichtung. Dem Nivellierfernrohr des Carpentierschen Apparates zieht der Verf. das gewöhnliche Nivellement mit Ablesen der Stativhöhen, wie es Boraß zuerst angewandt hat, bei weitem vor. Als Beobachter bei der Messung haben 2 Offiziere fungiert, während ein Unteroffizier die Ablesungen notierte; dazu waren ein Meßgehilfe bei den Vorarbeiten, 2 Mann zum Tragen der Spannböcke und 3 bis 4 Leute zum Tragen der Stative verwendet. Zur Elimination des

[1]) Rogowski, Steinhaus.

[2]) Gumlich und Rogowski, Absolute Messung der Magnetisierung an Epsteinbündeln. *Elektrotechn. Zeitschr.* **31.** *S. 262. 1912.*

aus der persönlichen Gleichung der Beobachter entstehenden Fehlers wurden die Plätze der zwei Ableser in symmetrischer Weise gewechselt. Die Tabellen *S. 68* nach 36 Messungen der Vergleichsbasis bei Neunkirchen (Mai 1910) und nach 48 Messungen der Vergleichsbasis im Artilleriearsenal Wien (Mai 1911) zeigen in der Tat eine ziemlich bedeutende persönliche Gleichung der Beobachter an; mit allen vier Drähten übereinstimmend gaben diese Zahlen: bei der ersten Vergleichsbasis Länge W. — O. minus Länge O. — W., bei der zweiten Länge S. — N. minus Länge N. — S., durchaus ohne jede Ausnahme positive Werte, im ersten Fall im Durchschnitt + 2,14 *mm* (Extreme + 0,8 und + 3,9 *mm*), im zweiten Fall im Durchschnitt + 2,01 *mm* (Extreme + 0,2 und + 3,2 *mm*). Jede dieser zwei Vergleichsgrundlinien ist 240 *m* (10 Drahtlagen) lang. An Fehlern der Messung führt der Verf. auf: 1. Beobachtungsfehler (Ablesefehler an den Maßstäbchen); 2. unrichtige Höhenangaben und seitliche Abweichungen der „*repères mobiles*"; 3. falsche Stellung der Rollen für die Gewichtsschnüre und damit Änderung der Drahtspannung; 4. Ablotungsfehler an den Endpunkten, falsche Temperaturannahmen usf. An längern Grundlinien sind mit den Drähten gemessen: das südliche Drittel der Basis von Wiener-Neustadt (rund 2738 *m* lang, mit dem österreichischen Basisapparat 1857 und 1908 gemessen); eine Strecke im Tauerntunnel, also unter schwierigen Verhältnissen, rund 9001 *m* lang; die Basis bei Igalo (nicht weit von Cattaro, Länge rund 601 *m*). Der Verf. schätzt im ganzen die Genauigkeit der Drahtmessungen im Vergleich mit starren Basismeßapparaten ziemlich gering ein, hebt aber auch die Vorteile jener Messungsmethode hervor: geringes Gewicht und geringen Raumbedarf beim Transport; geringe Zahl der Bedienenden beim Messen; große Verwendbarkeit, weil besonders Billigkeit infolge der großen Geschwindigkeit der Messung. Als mittlern unregelmäßigen Fehler der einmaligen Messung der 1 *km*-Strecke findet Gaksch aus den Beobachtungen bei Wiener-Neustadt und im Tauerntunnel den etwas großen Betrag ± 8,0 *mm*, an der Basis von Igalo ± 3,1 *mm*.

Carson gibt in den zwei aufgeführten Aufsätzen eine Beschreibung der Messung der Kootenay-Grundlinie (Okt. und Nov. 1909), wobei in der ersten ein Überblick über die Invar-Metallmischung, den Basisapparat von Guillaume und Carpentier und seine Anwendung (nach der „*mesure rapide des bases géodésiques*") vorausgeschickt wird. Die Kootenay-Grundlinie in Britisch-Columbia ist rund 8½ *km* lang und wurde in der gewöhnlichen Art (nicht nach dem Muster des *Coast and geodetic Survey*) mit den 24-*m*-Drähten 272 und 273 gemessen; die Längen der ganzen Strecke, wie sie aus der Messung mit jedem einzelnen der zwei Drähte sich ergeben, weichen um 5,6 *mm* voneinander ab; als wahrscheinlicher Gesamt*messungs*fehler wird aus den Differenzen der Doppelmessungen der 6 Abschnitte ± 1,8 *mm*, in der zweiten genannten Veröffentlichung ± 1,6 *mm* berechnet. Dazu kommt die wahrscheinliche Unsicherheit, die aus den angenommenen Drahtlängen entsteht, mit ± 4,2 *mm*, so daß ein wahrscheinlicher Gesamtfehler von ± 4,5 *mm* (etwa $^1/_{1\,900\,000}$ bei 8,5 *km* Länge) sich ergibt oder ein m. F. von 6 bis 7 *mm*.

Die dritte Arbeit berichtet über die Messung einer englischen Basis bei Lossiemouth am südlichen Ufer des Moray Firth, Sept./Okt. 1909 unter Capt. (jetzt Major) Johnston, der die vier ersten Kapitel der vorliegenden Arbeit geschrieben hat, während die vier letzten von Capt. Henrici unter Mitwirkung seines Vaters, Prof. O. Henrici, herrühren. Die Messung ist mit Invar*bändern*, nicht mit Drähten, gemacht; die Grundlinie ist rund 23 500 *feet* (7,2 *km*) lang, als Betrag des m. F. (alle denkbaren Fehlerquellen einschließend) wird ± 0,025 *feet* berechnet. Es sind bei der Messung 13 Markenstative neben den zwei Spannstativen verwendet worden, 2 Theodolite und 1 Nivellier; von Bändern zwei Standard-Bänder und drei Feldbänder, je 100 *feet* lang, endlich ein Feldband von 300 *feet*, alle von Agar Baugh, London, geliefert. Die 13 Markenstative zeigen zwei verschiedene Formen, 6 nach dem französischen Muster, 7 nach einem Entwurf des *Ordnance Survey* mit einfach geformtem Kopf mit Kreuzschnitt. In Southampton besteht seit 1906 eine 100 *feet*-Etalonierungsgrundlinie, und dort vor allem sind die zwei zur Messung verwendeten 100 *feet*-Bänder T_{30} und T_{31} verglichen worden; es ist aber bei Lossiemouth ebenfalls noch eine 100 *feet*-Vergleichsstrecke hergestellt worden,

und es sind dort nochmals an 4 Tagen (1909, Sept. 13., 18., 28., Okt. 5.) die Bänder verglichen. Kapitel VII gibt eine Theorie der Bänder und Drähte in Kettenlinienform, und zwar werden ein 100 *feet*-Band von 0,0085 Pfd. (engl.) pro *foot*, bei einer Spannung von 20 Pfd., und ein 24 *m*-Draht von 17,32 Gramm pro *m*, bei einer Spannung von 10 *kg* (Verhältnisse der Guillaume und Carpentierschen Drähte) studiert. Kapitel VIII diskutiert die Genauigkeit der Bandmessung, wobei folgende Fehler aufgezählt werden: 1. Fehler der Annahme für die Bandlänge (Konstanz der Bandlänge während der Messung); 2. Ablesefehler an den Maßstäbchen an den Strichen der Markenstative; 3. Temperaturfehler; 4. Fehler in der Annahme für die Spannung; 5. Änderungen im Gewicht des Bandes (Schmutz usf.); 6. unrichtige Annahme für den Durchhang des Bandes; 7. Einfluß des Windes; 8. fehlerhafte Messung der Neigung der einzelnen Bandstrecken. Außer der im Einfluß freilich sehr kleinen Abweichung aus der Geraden scheint dem Ref. hier und bei ähnlichen Aufzählungen (s. auch oben) eine Untersuchung über die Konstanz der Lage einer Stativmarke als Endpunkt einer Bandlage und als Anfangspunkt der nächsten Bandlage zu fehlen.

Man hört gegenwärtig oft wenig günstige Urteile über die Invardraht- und Invarbandmessung und daran geknüpfte Prophezeiungen über die künftige geringe Verbreitung dieser Messungsweise; die vorstehenden Arbeiten scheinen dem Ref. zu zeigen, daß die Zeit der Draht- und Bandmessung erst recht kommen wird. *Hammer.*

Eine neue Methode zur Längenmessung, und zwar Präzisions-, gewöhnlichen und flüchtigen Messung der Polygonseiten des untertägigen Grubenzuges.

Von F. Köhler. *S.-A. aus Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen. 1912. Nr. 26—30, 32—35. 37.*

Der Verf. überträgt die Einrichtungen zur Längenmessung mit dem Invarband auf die Grubenmessungen. Nach einer Einleitung über die bisherigen unmittelbaren und mittelbaren Längenmessungsmethoden in der Grube (I. Abschn.) und einer Kritik dieser Methoden (II.) bringt der III. Abschnitt eine Beschreibung des neuen Meßapparats, der aus folgenden Stücken besteht: 1. Invarmeßband mit Aluminiumkapsel und Sperrvorrichtung, 2. zwei Spannstativen und mehreren Spannspreizen mit Kugellagerrollen und Gewichten, 3 Präzisions-, gewöhnliche Skalen- und Markenplättchen, 4. mehrere Skalen- oder Markenstative. 5. ein Nivellier mit Nivellierskale, 6. Nebenapparate. Das Band ist ein 24 *m*-Band (26 *m* lang, s. u.), 6 *mm* breit und 0,5 *mm* stark, durchaus in *cm* geteilt und nach *dm* beziffert, an beiden Enden mit Ringen versehen; Anfangs- und Endpunkt der 24 *m*-Strecke sind je 1 *m* von dem Endring entfernt. Die Spannstative sind die bekannten; an ihre Stelle treten in schmalen oder niedrigen Strecken Spannspreizen aus starkem Messingrohr mit darin verschiebbarem zweitem Rohr, sie können in horizontaler, vertikaler oder schiefer Lage eingespannt werden und dienen als Träger einer mit Kugellager versehenen Messingrolle, über die wieder die Schnur zum Anhängen des Spanngewichtes an das Ende des Meßbands läuft. Je nach der beabsichtigten Messungsschärfe werden zum Ablesen der von den Firstpunkten auf das Band herabgeloteten Stellen Präzisionsskale oder Ableseskale oder nur Markenplättchen verwendet: jede dieser Vorrichtungen ist an einer Schraube am unteren Ende eines Reißschen Senkels mit selbsttätiger Aufrollvorrichtung der Lotschnur zu befestigen. Die zwei zuerst genannten Skalen bestehen aus Plättchen, auf denen konzentrische Kreisbögen von je 1 *mm* Abstand eingraviert und beziffert sind; die Plättchen sind mit einem Stift zentrisch fest verbunden und können in die Bohrung der Senkelschraube eingesteckt werden. Auf den Markenplättchen ist einfach ein eingravierter Strich in der Achse des Senkels angebracht. Skalen- oder Markenstative werden gebraucht, wenn mit verlorenen Zugpunkten gearbeitet wird oder die Polygonpunkte in der Sohle bezeichnet sind; es werden gewöhnliche Instrumentenstative dazu eingerichtet. Der IV. Abschnitt bespricht die Messungsvorgänge, und zwar zuerst für die Feinmessung mit Festpunkten in breiten Strecken, wo Spannstative aufgestellt werden können, dann bei der „gewöhnlichen" Messung und bei flüchtiger Messung mit Fixpunkten, ferner bei der Messung mit Fixpunkten in engen und krummen Stollen und Strecken. bei der Messung mit in der Sohle bezeichneten Fixpunkten und bei der Messung mit

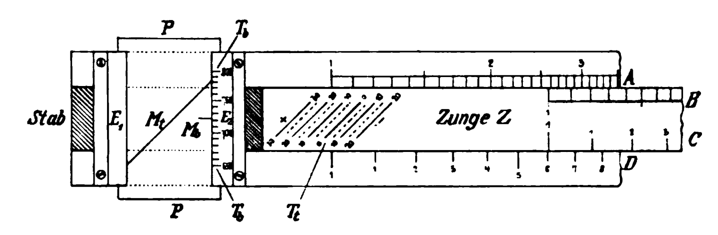
verlorenen Punkten unter verschiedenen Umständen. Auch die sonst unbequeme Messung der Länge zwischen zwei in den Ulmen bezeichneten Polygonpunkten ist hier einfach zu erledigen; endlich wird die Messung in geneigten Grubenräumen bei verschiedener Bezeichnung der Polygonpunkte erörtert. An Reduktionen der so direkt gemessenen Längen und deren „Fehlerquellen" werden aufgezählt und besprochen: Etalonierungs- und Teilungsfehler, Spannungsfehler, Durchbiegungsfehler, Temperaturfehler, Neigungsfehler, Richtungsfehler, Fehler in der Reduktion auf das Meeresniveau. Besondere „Rechenbehelfe" für diese Reduktionen will der Verf. in besonderer Publikation folgen lassen. Die letzten Abschnitte der vorliegenden Arbeit besprechen die Fehlerverhältnisse und Genauigkeitsuntersuchungen für die beschriebene Methode, sodann den Zeitaufwand für Polygonseitenmessung nach der neuen Methode, die Vorteile dieser Messungsweise, die Herstellung des Meßapparats (J. J. Frič in Prag, Kgl. Weinberge; Invarmeßband von Baugh in London geliefert und von dem *Nat. Phys. Laboratory* etaloniert); die Ergebnisse von Versuchsmessungen (schon seit 4 Jahren läßt der Verf. seine Hörer der Markscheidekunde in Přibram nach der Methode messen) sollen ebenfalls in einem folgenden Aufsatz mitgeteilt werden.

Hammer.

Rechenschieber für barometrisch gemessene Höhenunterschiede.

Von P. Werkmeister. *Nach dem Instrument; vgl. auch Zeitschr. für Vermess.* **40.** *S. 972. 1911.*

Der gewöhnliche Rechenschieber mit A/B-Teilung von 2×125 *mm* ganzer Teilungslänge und C/D von 250 *mm* Teilungslänge ist in Stab und Zunge gegen links um etwa 6 *cm* verlängert; auf oberer und unterer Stabhälfte sind nämlich links zwei senkrecht zur Stabrichtung stehende Führungsleisten E_1, E_2 befestigt, zwischen denen ein Zelluloidplättchen verschoben werden kann. Dieses trägt auf der Unterseite zwei Indexstriche, eine kurze Marke M_b in der Richtung der Stabachse und einen langen Indexstrich M_t unter 45° geneigt, s. die Figur. Mit M_b ist die Einstellung des Plättchens P auf die an der rechten Kulisse E_2 aufgetragene Teilung T_b zu machen, und sodann ist durch Verschieben der Zunge Z der Strich M_t auf den Wert t der Teilung T_t am linken Ende der Zunge zu stellen, der für den augenblicklich zu rechnenden Höhenunterschied gilt. Nach beiden Einstellungen zeigt die linke Zungen-1 (C) an D den Wert der barometrischen Höhenstufe für die augenblicklich geltenden (b, t), so daß dann unter dem



Punkt ($b_1 - b_2$) der Skale C an D der Höhenunterschied h abgelesen werden kann. Der Einrichtung liegt, wie allen „barometrischen Rechenschiebern" die barometrische Höhenmessungsformel in Höhenstufenform (für nicht zu große Höhenunterschiede) zugrund

$$h = m\,(b_1 - b_2)\,, \qquad 1)$$

wenn b_1 und b_2 die Barometerstände am untern und obern Punkt und m die barometrische Höhenstufe bedeuten, endlich h der zu messende Höhenunterschied ist; der Wert von m ist von $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$ und von der mittlern Lufttemperatur $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ abhängig (t_1 und t_2 die Lufttemperaturen unten und oben) und läßt sich bekanntlich in die Form bringen

$$m = \frac{C}{b}(1 + \alpha \cdot t)\,, \quad \text{wo} \quad \alpha = 0{,}00367 \qquad 2)$$

ist. Für Deutschland pflegt man nach Jordan $C = 8020$ anzunehmen (mit $\varphi_0 = 50°$, $H = 500$ *m* und der Voraussetzung $e/b = 1/100$), und diese Zahl liegt auch hier zugrund.

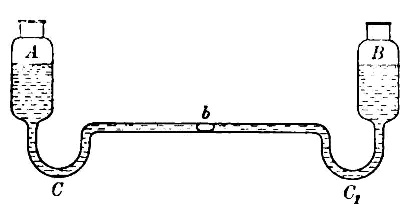
Die Ausdehnung der Skalen b und t gestattet, m-Werte zwischen 9,3 und 13,6 *m* einzustellen; bei der kleinsten verfügbaren barometrischen Höhenstufe kann man deshalb die Multiplikation (1) an der C/D-Skale nicht mehr ohne weiteres durchführen für die $(b_1 - b_2)$,

deren Anfangsziffern 1 bis 1,08 sind, bei der größten Höhenstufe für die (b_1-b_2), die mit 73 bis 100 beginnen. Diese Unbequemlichkeit wird kaum aufgewogen durch die größere Ablesegenauigkeit der h an der C/D-Skale im Vergleich mit andern ähnlichen Werkzeugen (vgl. z. B. den vom Referenten zu genau demselben Zweck angegebenen Schieber, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 161. 1896*, speziell Absatz 3 mit Fig. 2, *S. 164*). Auch wird das für den Feldgebrauch (Transport) schon etwas unhandliche Format des Schiebers und sein ziemlich hoher Preis (18 M) der Verbreitung nicht förderlich sein; Fabrikant und Bezugsquelle ist A. Nestler in Lahr, Baden. *Hammer.*

Über ein Mikromanometer.

Von A. Henry. *Compt. rend.* **155.** *S. 1078. 1912.*

Das Mikromanometer besteht (Fig.) aus zwei 45 *mm* weiten zylindrischen Gefäßen A und B, die durch eine Kapillare verbunden sind. Das System ist mit Tetrachlorkohlenstoff gefüllt; die beiden Flüssigkeitssäulen sind durch eine in der Kapillare befindliche, etwa 1 *cm* lange Luftblase b unterbrochen, deren Entweichen durch die Flüssigkeitssäulen hindurch durch Biegungen C und C' in der Kapillare verhindert ist. Ein geringer Überdruck auf der einen oder anderen Seite des Manometers ruft eine Verschiebung der Blase in der Kapillare hervor, und man kann nach erfolgter Eichung des Instruments aus dieser Verschiebung die Größe des einseitigen Überdruckes bestimmen. Die Genauigkeitsgrenze der mit dem Apparat ausführbaren Druckmessungen wird auf 1/200 *mm* Wasser angegeben. Außer zu Druckmessungen ist die Vorrichtung auch noch anderweitig vielfach verwendbar, nach Angabe des Verf. beispielsweise zur Messung der Volumina kleiner Körper, die man zu diesem Zwecke in die Flüssigkeit eines der beiden Gefäße A und B eintaucht. *Schl.*



Benennung der Druckeinheit und der Krafteinheit.

Von Karl Scheel. *Originalreferat.*

Als Einheit des Druckes gilt derjenige Druck, bei welchem die Einheit der Kraft auf die Einheit der Fläche wirkt, im absoluten Maßsystem also 1 *Dyn*/1 *cm*². Im Jahre 1900 ist auf dem Physikerkongreß in Paris der Beschluß gefaßt worden, diese absolute Druckeinheit *Barye* zu nennen, und später, i. J. 1904, hat Th. W. Richards [1]) diese Bezeichnung als „*Bar*" aufs neue empfohlen. Die physikalische Atmosphäre, 760 *mm* Quecksilber von normaler Schwere, ist hiernach 1013260 *Bar* (vgl. z. B. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 11. Aufl. *S. 669.* Leipzig *1910*).

Neuerdings ist in meteorologischen Kreisen der Wunsch aufgetaucht, den Luftdruck nicht mehr nach der Länge der ihm das Gleichgewicht haltenden Quecksilbersäule in *cm* zu messen, sondern ihn in absoluten Druckeinheiten, *Dyn/cm*², anzugeben, und zwar griff man auch hier nach einem von Bjerknes etwa um die Jahrhundertwende gemachten Vorschlag zu der Einheitsbenennung des *Bar*, wählte diese aber 1 Million mal größer als Richards, indem man setzte

$$1\ Bar = 10^6\ Dyn/cm^2.$$

Hiernach wird also die physikalische Atmosphäre gleich 1,01326 *Bar*, oder auch 1 *Bar* entspricht einem Luftdruck von 750,05 *mm* Quecksilber nach der bisherigen Ausdrucksweise.

Auf der jüngsten Tagung der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt in Wien wurde nun beschlossen, daß diese Druckeinheit oder ihre Dezimalteile — *Dezibar*, *Zentibar*, *Millibar* — künftig in den Veröffentlichungen der internationalen Kommission angewendet werden sollten. Die Befürchtung, daß diese Einführung des *Bar* der

[1]) Th. W. Richards, *The methods of determining compressibility. Carnegie Publication*, Nr. 7. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **49.** *S. 1. 1904.*

erste Schritt zu seiner Einführung in die ganze messende Meteorologie sei, hat Trabert [1]) zu einem geharnischten Protest veranlaßt, in dem er darauf hinweist, daß sich dadurch die Meteorologie von der Physik lossage, weil diese nicht alle Konsequenzen eines solchen Schrittes ziehen könne. Beispielsweise macht er darauf aufmerksam, daß der eine Fundamentalpunkt der Temperatur, der Wassersiedepunkt, entsprechend geändert werden müsse, indem als Siedepunkt des Wassers künftig die Temperatur gelten müsse, bei der das Wasser unter 1 *Bar* Druck siedet. Mit dieser Änderung des Fundamentalabstandes ändere sich aber auch der Zentesimalgrad, damit die Temperatur des absoluten Nullpunktes usw. Tatsächlich besteht die Absicht der Einführung des *Bar* in die ganze Meteorologie nicht, wie Trabert selbst in einer zweiten Notiz [2]) hervorhebt. — Referent möchte fast sagen, diese Absicht besteht *leider* nicht, denn er würde es für sehr nützlich halten, wenn von dieser Seite her an die Physik die Notwendigkeit heranträte, das absolute Maßsystem entsprechend abzurunden.

Seit lange herrscht zwischen Physikern und Ingenieuren ein schroffer Gegensatz in bezug auf die Wahl des Maßsystems. Die Physiker halten unbedingt an dem Gaußischen absoluten Maßsystem fest, in welchem das *Gramm* eine *Masse* bezeichnet und als solche als Grundeinheit in das Maßsystem eingeht. Die Ingenieure andererseits betrachten das *Gramm* als die *Einheit der Kraft* (Gewicht), wobei die Beziehung besteht

$$\begin{aligned} 1\,g\text{-Kraft} &= 1\,g\text{-Masse} \times \text{der mittleren Beschleunigung der Schwere} \\ &= 1\,g\text{-Masse} \times 980{,}62\ cm/sec^2 \\ &= 980{,}62\ Dyn\,. \end{aligned}$$

Dieser Gegensatz zwischen Physikern und Ingenieuren würde wahrscheinlich erheblich gemildert werden, wenn man für die Massen- und für die Krafteinheit verschiedene Bezeichnungen hätte. Daß man die im bürgerlichen Leben allgemein gebräuchliche Masseneinheit, die gesetzlich und international Gramm heißt, nunmehr anders nennen könnte, ist ausgeschlossen. Es bleibt also nur die Möglichkeit, die Krafteinheit, das Gramm der Ingenieure, anders zu nennen; Budde [3]) hat hierfür die Bezeichnung „*Bar*" vorgeschlagen, und dieser Vorschlag ist vom Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen aufgegriffen und den an ihm beteiligten Vereinen zur Annahme empfohlen [4]), wobei der Ausschuß weniger Gewicht auf die Wahl dieses Namens legt, als vielmehr darauf, für eine verschiedene Benennung der Massen- und der Krafteinheit zu wirken. Unter Vorbehalt eines andern Namens als *Bar* für die Krafteinheit der Ingenieure ergeben sich als abgeleitete Einheiten das Kilobar (*kb*), die Schwere des Kilogramms, und das Megabar (*Mb*), die Schwere der Tonne. Weitere zusammengesetzte Einheiten wären dann das Barmeter (*bm*) und das Kilobarmeter (*kbm*), letzteres an Stelle des Kilogrammeters, ferner das Kilobar auf das Quadratmillimeter, auf das Quadratzentimeter (kb/mm^2, kb/cm^2), das letztgenannte die sogenannte technische Atmosphäre.

Das Wort *Bar* hat also nunmehr drei Bedeutungen, von denen die beiden ersten (Physikerkongreß bzw. Richards und die Meteorologie) wesensgleich sind und sich nur durch den Faktor 10^6 unterscheiden. Ohne Rücksicht auf diesen Faktor ist hier $Bar = Dyn/cm^2$. Dieser Bedeutung des Wortes *Bar* gebührt die Priorität, insonderheit der Bedeutung $1\,Bar = 1\,Dyn/1\,cm^2$. In der drittenBedeutung ist *Bar* wesensgleich mit *Dyn* selbst, von den beiden anderen Bedeutungen also durch die Dimension eines cm^2 verschieden. Nebeneinander können die drei Einheitsbezeichnungen des *Bar* also nicht gebraucht werden, und es bleibt abzuwarten, in welcher Bedeutung sich das *Bar* einbürgern wird.

Möglicherweise wird aber die Vieldeutigkeit des seiner einfachen Form wegen als Einheitsbezeichnung gut geeigneten Namens *Bar* seine Einführung in die Wissenschaft über-

---

[1]) Wilh. Trabert, Millimeter oder Millibar? *Meteorol. Zeitschr.* **29.** *S. 401. 1912.*

[2]) Wilh. Trabert, ebenda. *S. 586.*

[3]) E. Budde, Kilogramm-Kraft und Kilogramm-Masse, ein Vorschlag zur Einigung. *Elektrotechn. Zeitschr.* **32.** *S. 53. 1911*; *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **57.** *S. 303. 1913.* (Mit einer Einleitung von K. Strecker.)

[4]) Vgl. z. B. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **15.** *1913.*

haupt verhindern. Das ist außerordentlich zu bedauern und lehrt überzeugend, wie schädlich es ist, wenn einzelne Forscher oder einzelne Vereine, jeder unabhängig vom andern, Einheiten und Namen schaffen. *Schl.*

Über Veränderungen auf dem Monde.

Eine Berichtigung von Dr. C. Pulfrich in Jena.

In J. Franz „Der Mond", 2. Aufl., Leipzig 1912, findet sich auf *S. 102* in dem Abschnitt, der von den auf dem Monde vorkommenden Veränderungen handelt, die Angabe, ich hätte mit dem Stereo-Komparator einen Bergsturz auf dem Monde beobachtet. Dieser Bergsturz habe sich aber nachträglich als ein Plattenfehler herausgestellt.

Als ich vor wenigen Tagen diese Bemerkung zum ersten Male las, war ich nicht wenig erstaunt; denn ich war mir nicht bewußt, jemals etwas über einen Bergsturz auf dem Monde gesagt oder geschrieben zu haben.

Wie ich inzwischen festgestellt habe, findet sich die Erzählung von dem angeblich von mir beobachteten Bergsturz auf dem Monde auch in der 1906 erschienenen 1. Aufl. des Franzschen Buches *S. 111.* Sie ist von hier aus weitergewandert und findet sich, soweit ich bis jetzt unterrichtet bin, in der Populären Astronomie von J. Scheiner, Leipzig 1908, *S. 491.* und in der Wochenschrift „Welt und Wissen", Berlin, I. Jahrgang 1912, Heft 20, *S. 463.* Der weiteren Verbreitung dieser Erzählung vorzubeugen, ist der Zweck dieser Zeilen.

Franz bezieht sich in seiner Mitteilung auf einen Brief von mir, datiert vom 30. I. 1902, in dem ich ihn um die leihweise Überlassung von Mondbildern gebeten hatte, da ich die Absicht hatte, diese auf dem Stereo-Komparator zu untersuchen[1]). Ich hatte in dem Briefe darauf aufmerksam gemacht, daß man mit Hilfe der stereoskopischen Methode imstande sei, etwaige Differenzen auf dem Monde sofort als solche zu erkennen. Als ein Beispiel hierfür hatte ich angegeben, daß ich auf „zwei photogrammetrischen Aufnahmen aus den Alpen", die ich damals untersuchte, deutlich die in der Zwischenzeit herabgestürzten Steinmassen als solche erkennen könne. Auf Grund dieser Mitteilung hat dann Franz den Lesern seines Buches über den Mond erzählt, ich hätte auf dem Mond einen Bergsturz beobachtet. Ich möchte daher Herrn Prof. Franz[2]) und alle diejenigen, die den „Bergsturz" weitererzählt haben, darauf aufmerksam machen, daß die beiden „photogrammetrischen Aufnahmen aus den Alpen" keine Aufnahmen der Alpen auf dem Monde, sondern der Alpen auf der Erde darstellen.

Es sind zwei photogrammetrische Aufnahmen, die das *k. u. k. Militärgeographische Institut* in Wien in den Steiner Alpen in Österreich (südlich von den Karawanken) vorgenommen hat, und die mir damals durch Herrn Baron von Hübl für die erstmalige praktische Erprobung des Stereo-Komparators für die Zwecke der Stereophotogrammetrie (vgl. meine Veröffentlichung über den Stereo-Komparator in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 68. 1902*) zur Verfügung gestellt wurden. In den Steiner Alpen sind solche „Bergstürze" eine tagtäglich, im Frühjahr sogar stündlich zu beobachtende Erscheinung.

Jena, den 20 Januar 1913.

Bücherbesprechungen.

A. Galle, Mathematische Instrumente. (Math.-physik. Schriften für Ingenieure und Studierende, hrsgg. von E. Jahnke, Bd. 15). 8°. VI, 187 S. mit 86 Abb. Leipzig, B. G. Teubner 1912. Geb. 4,80 M.

Der kleine Band bietet eine ansprechende, in den meisten Abschnitten nur geringe mathematische Voraussetzungen machende und ausreichend mit Figuren versehene Ein-

[1]) Siehe meinen in Göttingen auf der Astronomen-Versammlung am 5. August 1902 gehaltenen Vortrag „Über die bis jetzt mit dem Stereo-Komparator auf astronomischem Gebiete erhaltenen Versuchsergebnisse", der in der V. J. S. der Astronomischen Gesellschaft, Jahrgang 37, Heft 3. abgedruckt ist.

[2]) *Anm. der Redaktion:* Prof. Franz ist am 28. Januar d. J. gestorben.

führung in die Technik der „mathematischen“ Instrumente; meist ist die Theorie kurz angegeben, und es sind Notizen über die Verwendung angefügt, auf Bau und nähere Einrichtung ist seltener eingegangen. Dabei hat freilich die große Ausdehnung des ganzen Gebietes eine Auswahl notwendig gemacht, besonders sind alle mathematischen *Zeichen*-Instrumente (mit z. T. sehr interessanten Konstruktionen, z. B. für Koordinatographen zu rechtwinkligen und zu Polarkoordinaten, für Pantographen, Ellipsographen, Parabolographen und allgemeinere Campylographen, für Teilungsinstrumente usf.) nicht vertreten. Was aufgenommen ist, sind ausschließlich mechanische *Rechen*-Hilfsmittel und *Integrations*-Apparate, wie aus folgender Aufzählung der Abschnittsüberschriften hervorgeht: 1. Arithmetische Apparate mit logarithmischen Skalen; 2. Rechenmaschinen; 3. Die Meßrolle; 4. Stetige Rechenapparate; 5. Differentialapparate; 6. Kurvenmesser; 7. Flächenmesser (wobei übrigens hier auch schon ein Momentenplanimeter, also ein höherer Integraph als es die Planimeter sind, behandelt wird; dieser Planimeterabschnitt umfaßt etwas über $^1/_3$ des ganzen Buchs); 8. Harmonische Analysatoren; 9. Integraphen. Die Behandlung der einzelnen Abschnitte ist in Beziehung auf Ausführlichkeit usf. etwas ungleichartig, z. B. sind die logarithmischen mechanischen Rechenhilfsmittel, besonders der einfache Schieber, eingehender behandelt als die Rechenmaschinen; aber dies ist freilich bei allen derartigen Werken zu erwarten, und es kann ja nicht ausbleiben, daß der eine Leser und Benutzer dies, der andere jenes gerne aufgenommen oder weiter ausgeführt, oder umgekehrt gekürzt oder weggelassen gesehen hätte. Zahlreich eingestreute historische Notizen sind wohl allen Lesern willkommen, einzelne enthalten allerdings Unrichtiges oder nur Halbrichtiges; z. B. hieß (*S. 29*) der Verfertiger der ersten deutschen, tatsächlich praktisch brauchbaren Rechenmaschine, Pfarrer Hahn, nicht Mathias mit Vornamen, sondern Philipp Matthäus und war zur Zeit seiner Erfindung (1770—1774; wie ausdrücklich auf dem in der Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart befindlichen Exemplar steht) noch nicht in Echterdingen (er kam erst 1781 dorthin und starb daselbst 1790) sondern in Kornwestheim, ebenfalls nahe bei Stuttgart (ich möchte diese Notiz hier so „ausführlich“ aufnehmen, weil sich das Versehen bei uns seit einigen Jahren von Buch zu Buch fortschleppt); *S. 45* ist der Name der Stockholmer Rechenmaschinenerfinder unrichtig angegeben; *S. 63* sollte das Prinzip der Längenmessung durch Zählung (und selbst Registrierung!) der Umdrehungen eines Rades nicht nur bis auf Fernel zurückgeführt sein u. dgl. Das Literatur-Verzeichnis hätte der Ref. (trotz des Vermerks an seinem Schluß) vollständiger gewünscht; so sind z. B. die einschlägigen Arbeiten von D'Ocagne, Pregél, Kleritj u. a. nicht darin aufgenommen (die zwei ersten Namen erschienen aber wenigstens im Register). Die Aufsätze und Referate aus der *Zeitschrift für Instrumentenkunde* sind zweckmäßig benutzt.

Neues wird man in einem derartigen, wesentlich zusammenstellenden Buch nicht suchen, abgesehen etwa von neuen Darstellungen in der *Theorie* der Instrumente oder eignen Erfahrungen des Verf. beim Gebrauch der Werkzeuge, z. B. Genauigkeitsuntersuchungen; der Verf. flicht aber da und dort auch eine Bemerkung über eine zweckmäßige Abänderung oder Vervollständigung ein, siehe z. B. die Bemerkung über das gewöhnliche Polarplanimeter, *S. 102/103*. Für eine zweite Auflage würde der Ref. den Versuch begrüßen, die Behandlung der „mathematischen“ Instrumente (mit Ausschluß der geodätischen u.s.f.) in ähnlicher Kürze auch auf die *Zeichen*-Instrumente auszudehnen. *Hammer.*

L. Jacob, *Le calcul mécanique. (Appareils arithmétiques et algébriques, Intégrateurs.)* XVI, 412 S. mit Fig. Paris, O. Doin et Fils 1911. Geb. 5 Frs.

Das Werk, ein Teil der bekannten bei Doin erscheinenden *„Encyclopédie scientifique“* (Herausgeber der Abteilung: *Mathématiques appliquées* ist D'Ocagne) behandelt ziemlich genau dasselbe Gebiet wie das vorstehend angezeigte von Galle. Die Illustration ist bei Jacob etwas reichlicher, doch lassen nicht wenige Figuren an Deutlichkeit zu wünschen übrig. Die Einteilung des Stoffs ist folgende: I. Teil, Arithmetische Apparate (1. Abschnitt: Vorrichtungen für strenge Rechnung: Abakus verschiedener Art und Additionsapparate, Multi-

plikatoren; 2. Abschnitt: Maschinen für strenge Rechnung: Allgemeines, Additionsmaschinen ohne und mit Tasten, Maschinen zur Multiplikation durch sukzessive Addition, Maschinen mit Staffelwalzenübertragung von Leibniz, Thomas, Hamann usf., mit Zahnradübertragung von Odhner und ähnliche, Maschinen von Grant, Selling, Hamann, Maschinen zur direkten Multiplikation, besonders von Bollée; 3. Abschnitt: Apparate zur genäherten Rechnung: mit Index, Rechenschieber); II. Teil, Algebraische Apparate (1. Differenzenmaschinen [hier fehlt noch die neue Maschine von Hamann], 2. mechanische Auflösung der Gleichungen nach den Methoden von Segner, Lill, Kempe, mit Hilfe der „Gleichungswagen“, der hydrostatischen Wagen, der Elektrizität, Auflösung eines Systems simultaner linearer Gleichungen mit den Apparaten von Lord Kelvin, Guarducci, Veltmann und der Maschinen von Torres, die für simultane Gleichungen beliebiger Ordnung konstruiert werden können und im Abschnitt 3 eingehender besprochen werden; dieser erwähnt auch die analytische Maschine von Babbage. Der III. Teil ist den Integratoren gewidmet (in zwei Klassen eingeteilt, „Integrometer“, zur Messung, „Integraphen“, zur Aufzeichnung dienend; im 1. Abschnitt sind nach Besprechung der in Betracht kommenden kinematischen Prinzipien die einfachen Integratoren, besonders die Planimeter, ziemlich eingehend behandelt, dann Abrollen und Gleiten der Integrierrolle usf., Rollen ohne Gleiten, wobei einige wenig bekannt gewordene Planimeter angeführt sind; die harmonischen Analysatoren sind in 4 Gruppen gebracht, für die typisch sind die Instrumente von Lord Kelvin, die von Sommerfeld und die ersten von Henrici, das spätere Henrici-Sharpsche, endlich das von Boucherot und das von Sharp. Die Instrumente von Abdank, Prytz u. a lassen Rollen mit schneidendem Rand oder sonstige *Schneiden* auf dem Papier laufen; es fehlen aber ziemlich viel neuere hierhergehörige Instrumente (z. B. Kleritj und die verwandten). Im letzten Kapitel dieses Abschnitts sind „verschiedene Apparate“ zusammengestellt, Differentiatoren, das trigonometrische usf. Recheninstrument von Hamann usw. Der 2. Abschnitt des III. Teils und der letzte des Buchs bespricht Instrumente von Coriolis, Amsler, Lord Kelvin, die Integratoren mit Schneidenrand, endlich ein interessantes Instrument zu Untersuchungen an einem in einem widerstehenden Mittel bewegten Körper.

Das Literaturverzeichnis enthält naturgemäß vorwiegend französische Werke; das Register spricht für die Reichhaltigkeit des Buchs, wobei aber doch noch zahlreiche Lücken aufgezeigt werden können. Willkommen sind die zahlreichen historischen Übersichten (die aber nur mit Vorsicht zu gebrauchen sind, vgl. z. B. nur Neper 1876, S. 7) und ebenso die überall gemachten Versuche der Systematisierung und übersichtlichen Gruppierung, wobei aber auch zahlreiche Irrtümer, Versehen, Druckfehler mit unterlaufen; ein Beispiel: in der Zusammenstellung S. 104—106 über die Formen des logarithmischen Rechenwerkzeugs mit aneinander zu verschiebenden Skalen unterscheidet der Verfasser zweckmäßig Rechenstäbe, Rechenroste (z. B. Hannyngton [als Hannyogten] und Scherer [als Schérer]), Rechenzylinder (wobei man noch Rechenzylinderroste und Rechenzylinderspiralen trennen sollte), Rechenkreise, Rechenräder (und Rechenschachteln) und Rechenbänder; man würde aber diese Zusammenstellung angesichts ihrer Ausdehnung doch gern vollständiger sehen und die zahlreichen Fehler in den Namen und die sachlichen Irrtümer vermieden wünschen (Kloths Hyperbel-Glastafel gehört nicht hierher usw.).

Im ganzen verdient der Band mit seinen meist knappen, vielfach freilich auch gar zu kurzen Erläuterungen einer großen Menge von Instrumenten, schon wegen seines Strebens nach Vollständigkeit und nach zweckmäßiger Klassifikation, auch bei uns Beachtung.

Hammer.

Otto Groskurth, Über heterochrome Photometrie. *Dissertation. Marburg 1910.*

Der Verf. behandelt die Aufgabe, verschiedenfarbiges Licht in bezug auf seine Helligkeit zu vergleichen in einer Darstellung aller das Gebiet berührenden Gesichtspunkte und gibt zum Schluß eine mit Herrn Prof. Dr. K. Schaum ausgearbeitete Einrichtung eines Photometers für den vorliegenden Zweck an.

Die hier vorliegenden Schwierigkeiten, qualitativ verschiedene Sinnesempfindungen quantitativ aufeinander zu beziehen, werden zerlegt in solche, welche von der verschiedenen Empfindlichkeit der verschiedenen Teile der Netzhaut für Farben und überhaupt für Licht und weiter bei verschiedenen Helligkeitsgraden und Ermüdungszuständen des Auges herrühren, und solche, die in der spektralen Empfindlichkeit verschiedener Beobachter begründet sind.

Es ist durchaus richtig, daß diese verschiedensten Momente bei der Untersuchung der Frage der heterochromen Photometrie in Rücksicht zu ziehen sind, hauptsächlich wenn man einen Weg sucht, diese Schwierigkeiten zu umgehen. Es ist aber dabei nie aus dem Auge zu lassen, daß es sich tatsächlich nur um ein Umgehen handeln kann, daß aber die theoretische Unmöglichkeit, Sinneseindrücke verschiedener Art messend in bezug auf ihre Stärke aufeinander zu beziehen, nicht beseitigt werden kann.

Unter sehr eingehender Berücksichtigung der Literatur behandelt der Verf. das Purkinjesche Phänomen im Zusammenhang mit der verschiedenen Empfindlichkeit der verschiedenen Teile der Netzhaut, und macht sodann auf die nicht ganz unbeachtliche Chromasie des Auges, auf die Kontrastwirkung, die Ermüdung und das Gesichtsgedächtnis aufmerksam. Infolge des letzteren werden bei den folgenden Einstellungen des Photometers unwillkürlich immer wieder dieselben Verhältnisse herbeigeführt wie bei der ersten Einstellung. Versuche des Vergleiches einer roten mit einer blauen Lichtquelle ergaben für verschiedene Beobachter, ohne daß bei ihnen ausgesprochene Farbenblindheit vorhanden war, sehr voneinander abweichende Ergebnisse.

In einem zweiten Abschnitt werden die verschiedenen Photometerkonstruktionen kurz beschrieben, und hierauf wird eingehend die Sehschärfenphotometrie behandelt, nämlich die Abhängigkeit der Sehschärfe von den einzelnen optisch wirksamen Teilen des Auges, von der Intensität und der Farbe der Beleuchtung, und der Dauer des Lichteindruckes, von welcher die Sehschärfe für bewegte Objekte erheblich abhängt.

Daran schließt sich die Beschreibung des vom Verf. mit Herrn Prof. Schaum besonders für heterochrome Photometrie konstruierten Photometers. Dasselbe ist im wesentlichen ein Lummer-Brodhunsches. Das Photometerfeld besteht aus einer großen Zahl schachbrettartig angeordneter Quadrate, die in die Hypotenusenfläche des einen Prismas des Lummer-Brodhunschen Prismas geätzt sind. Zur Herbeiführung des Kontrastes ist vor jeder der beiden Eintrittsflächen des Prismenpaares eine Glasplatte angebracht derart, daß die eine das untere Drittel der Hypotenusenfläche, das andere deren oberes Drittel beeinflußt. Bei Einstellung der Mitte auf Gleichheit erscheint das obere und das untere Drittel dunkler. Durch Drehung der Kontrastplatten um eine gemeinsame senkrechte Achse kann der Kontrast beliebig vergrößert werden.

Um die Empfindlichkeit dieses Photometers im Vergleich zu derjenigen anderer Lummer-Brodhunscher Photometer zu zeigen, gibt Verf. die mittleren Fehler in Prozenten der Lichtstärken aus je zehn Einstellungen:

	Lummer-Brodhun		Neues
	Gleichheit	Kontrast	Photometer
rot/grün	0,56	0,42	0,39
rot/blau	0,97	0,83	0,30
grün/blau	0,89	0,47	0,22

Verf. beschreibt im weiteren kurz das Brückesche Photometer, erwähnt die Mischungsphotometer und die Flimmerphotometrie, sowie die Vorschläge, durch Messung in bestimmten Spektralbezirken verschiedenfarbige Lichtquellen miteinander zu vergleichen.

Der Verf. benutzte nun sein Photometer zu eingehenden Vergleichungen zwischen der Gleichheitsmethode und der Sehschärfenmethode. Zu letzterer dienten ihm als Diapositive hergestellte Linienpaare mit verschiedenen Abständen voneinander, die in Rinnen an den Kanten des Photometerwürfels eingeschoben wurden. In einigen Fällen fielen die Unterschiede zwischen beiden Methoden in den Bereich der mittleren Fehler, in anderen waren tatsächliche

Abweichungen vorhanden. Bessere Übereinstimmung gaben Vergleiche mit möglichst monochromatischen Farbfiltern, so daß Verf. seine Ergebnisse für eine Stütze des Helmholtz-Königschen Satzes hält, daß man bei gleicher Helligkeit gleichviel sehend erkennen kann.

In zwei weiteren Abschnitten wird die Bestimmung der Helligkeit von Pigmenten und die Sensitometrie photographischer Papiere und die Flammenform von Glühlichtbrennern behandelt.

Es soll noch besonders anerkannt werden, daß überall eine sorgfältig gewählte und ausführliche Literaturangabe beigefügt wurde. *H. Krüfs.*

W. v. Dyck, Georg von Reichenbach. Folio. II, 140 S. mit 75 Fig., 8 Taf. und 1 Porträt in Heliogravüre. München, Deutsches Museum, 1912. Brosch. 10 M, für Mitglieder des D. M. 6 M.

Das vornehm und künstlerisch ausgestattete Werk ist der erste Band der „Lebensbeschreibungen und Urkunden", deren Herausgabe Vorstand und Vorstandsrat des Deutschen Museums i. J. 1910 beschlossen haben, um das reiche Material, das in dessen Sammlungen und Archiven enthalten ist, auch literarisch zu erschließen.

Gerade von Reichenbach besitzt das Deutsche Museum viele noch unbekannte Schriftstücke, Skizzen, Zeichnungen, die von der Enkelin und der Urenkelin, Frau Regina v. Meyerfels und Frau Ida v. Miller, gestiftet worden sind.

Sehen wir von dem rein biographischen Inhalt des Buches ab, so gliedert sich der technische folgendermaßen: Geschützwesen, Präzisionsmechanik, Wassersäulenmaschinen, Röhrenbrücken, Dampfmaschinen, Verschiedenes.

An dieser Stelle interessiert in erster Linie Reichenbachs Tätigkeit auf dem Gebiete der Feinmechanik. Hier liegt glücklicherweise eine große Zahl von Schriftstücken und Zeichnungen Reichenbachs vor, so daß er selbst vielfach zum Wort kommt. Der Verf. nimmt überall auf die früheren Konstruktionen Bezug und zeigt, inwieweit und warum Reichenbach diese benutzt oder verworfen hat, welches die Neuerungen und Verbesserungen sind. Die Darstellung umfaßt die Reichenbachsche Teilmaschine, die geodätischen, die kleineren und die stationären astronomischen Instrumente, die Geschichte der von Reichenbach gegründeten Werkstatt, aus der dann die Firmen Ertel und Merz hervorgegangen sind.

Hochinteressant ist das Verhältnis der damaligen astronomischen Geistesfürsten, eines Gauß, Bessel, Laplace zu Reichenbach, ein Zeichen dafür, welche Achtung damals Männer der Wissenschaft der Technik und ihren Vertretern bewiesen.

Mit einem längerem Schreiben sendet Laplace an Reichenbach sein Werk über die Wahrscheinlichkeitsrechnung als einen Ausdruck der „Achtung und Dankbarkeit"; Bessel schreibt an Olbers mit Bezug auf Reichenbachs Vorliebe für Nonien und Abneigung gegen Mikroskope: „Ich weiß wohl, daß ein denkender Künstler seinen eigenen Weg geht und deshalb auch nicht zu tadeln ist; daher habe ich auf meinen Einwürfen nicht so fest bestehen wollen, wie es nach meiner Überzeugung eigentlich hätte geschehen sollen; ich habe lieber Reichenbachs Überzeugung ein Gewicht über der meinigen eingeräumt und hoffe dabei nicht schlecht zu fahren."

Hervorgehoben sei die verhältnismäßig hohe Schnelligkeit, mit der Reichenbach die ihm gewordenen Aufträge ausführte; dabei waren die Preise, wenigstens soweit sie aus einer abgedruckten Speditionsliste zu ersehen sind, bereits etwa die heut üblichen, wenn man die Verminderung des Geldwertes berücksichtigt.

Wer es liebt, dem geistigen Leben vergangener Zeiten nachzugehen, Dinge und Gedanken emporkommen zu sehen, die er als feststehend oder gar veraltet bei seinem Eintritt in die Wissenschaft vorgefunden hat, dem wird die achtunggebietende Arbeit v. Dycks eine Quelle reichster Belehrung und edelster Unterhaltung sein. *Bl.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. F. Göpel in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **Mai 1913.** Fünftes Heft.

Über eine Kontakteinrichtung zur Abgabe der internationalen funkentelegraphischen Zeitsignale.

Von

R. Schorr und **F. Dolberg**.

(Mitteilung von der Hamburger Sternwarte in Bergedorf.)

Auf der internationalen Zeitsignal-Konferenz in Paris im Oktober 1912 ist für die Abgabe von funkentelegraphischen Zeitsignalen seitens der an der Konferenz beteiligten Staaten ein einheitliches Signalsystem festgelegt worden. Die Signale sollen der Fig. 1 entsprechend abgegeben werden.

Die Zeitsignale setzen sich aus kurzen Signalen (Punkten) und langen Signalen (Strichen) zusammen. Die Punktsignale sollen eine Dauer von einer Viertelsekunde, die Strichsignale eine solche von genau 1,0 Sekunde haben, und alle Signale sollen genau mit der vollen Sekunde beginnen.

Bei der hierdurch festgesetzten Genauigkeit ist es nicht möglich, diese Signale von Hand aus mit einem Taster abzugeben. Dieselben müssen vielmehr automatisch durch eine mit einem Uhrwerk in Verbindung stehende Kontakteinrichtung erteilt werden.

Es liegt zunächst nahe, die Abgabe dieser Kontakte einem besonderen Laufwerk zu übertragen, welches von der Stations-Pendeluhr ausgelöst wird und bei seinem Ablaufe die Kontakte nacheinander schließt. Die Ausführung eines solchen Laufwerks läßt sich in verschiedener Weise durchbilden: z. B. durch eine rotierende Scheibe, auf welcher in entsprechender Anordnung einzelne Metall-Lamellen sich befinden, gegen welche eine Kontaktfeder schleift; oder durch eine mit ähnlichen Kontaktstreifen versehene rotierende Walze[1]); oder, indem durch das Laufwerk eine Kontaktfeder in geradliniger Richtung verschoben wird, oder dergleichen mehr. Bei allen diesen Einrichtungen wird die festgesetzte Genauigkeit in den einzelnen Signalen nur erreicht, wenn das durch einen Kontakt der Pendeluhr ausgelöste Laufwerk jederzeit gleichmäßig anläuft, derart, daß die Zeit zwischen dem Auslösekontakt der Pendeluhr und dem ersten Signalkontakte des Laufwerkes stets innerhalb einer Zehntelsekunde konstant ist; weiter ist notwendig, daß der Gang des Laufwerkes während der Signaldauer in voller Übereinstimmung mit dem Gang der Stationspendeluhr bleibt, und schließlich muß bei Arretierung des Laufwerkes nach der Signalabgabe die Kontaktfeder stets wieder in die gleiche Nullstellung zurückgeführt werden.

Nach unserer Ansicht werden aber Störungen bei derartigen Laufwerken leicht eintreten können, und eine solche Störung wird nicht nur das eine oder andere Signal

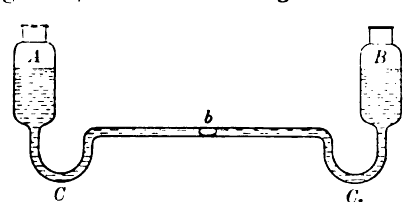
[1]) Ein solcher Vorschlag ist kürzlich von Herrn Bigourdan (*Compt. rend.* ***156.*** *S. 121. 1913*) gemacht worden in „Description d'un appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires".

deren Anfangsziffern 1 bis 1,08 sind, bei der größten Höhenstufe für die $(b_1 - b_2)$, die mit 73 bis 100 beginnen. Diese Unbequemlichkeit wird kaum aufgewogen durch die größere Ablesegenauigkeit der h an der C/D-Skale im Vergleich mit andern ähnlichen Werkzeugen (vgl. z. B. den vom Referenten zu genau demselben Zweck angegebenen Schieber, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 161. 1896*, speziell Absatz 3 mit Fig. 2, *S. 164*). Auch wird das für den Feldgebrauch (Transport) schon etwas unhandliche Format des Schiebers und sein ziemlich hoher Preis (18 M) der Verbreitung nicht förderlich sein; Fabrikant und Bezugsquelle ist A. Nestler in Lahr, Baden. *Hammer.*

Über ein Mikromanometer.

Von A. Henry. *Compt. rend.* **155.** *S. 1078. 1912.*

Das Mikromanometer besteht (Fig.) aus zwei 45 *mm* weiten zylindrischen Gefäßen A und B, die durch eine Kapillare verbunden sind. Das System ist mit Tetrachlorkohlenstoff gefüllt; die beiden Flüssigkeitssäulen sind durch eine in der Kapillare befindliche, etwa 1 *cm* lange Luftblase b unterbrochen, deren Entweichen durch die Flüssigkeitssäulen hindurch durch Biegungen C und C' in der Kapillare verhindert ist. Ein geringer Überdruck auf der einen oder anderen Seite des Manometers ruft eine Verschiebung der Blase in der Kapillare hervor, und man kann nach erfolgter Eichung des Instruments aus dieser Verschiebung die Größe des einseitigen Überdruckes bestimmen. Die Genauigkeitsgrenze der mit dem Apparat ausführbaren Druckmessungen wird auf 1/200 *mm* Wasser angegeben. Außer zu Druckmessungen ist die Vorrichtung auch noch anderweitig vielfach verwendbar, nach Angabe des Verf. beispielsweise zur Messung der Volumina kleiner Körper, die man zu diesem Zwecke in die Flüssigkeit eines der beiden Gefäße A und B eintaucht. *Schl.*



Benennung der Druckeinheit und der Krafteinheit.

Von Karl Scheel. *Originalreferat.*

Als Einheit des Druckes gilt derjenige Druck, bei welchem die Einheit der Kraft auf die Einheit der Fläche wirkt, im absoluten Maßsystem also 1 *Dyn*/1 *cm*². Im Jahre 1900 ist auf dem Physikerkongreß in Paris der Beschluß gefaßt worden, diese absolute Druckeinheit *Barye* zu nennen, und später, i. J. 1904, hat Th. W. Richards [1]) diese Bezeichnung als „*Bar*" aufs neue empfohlen. Die physikalische Atmosphäre, 760 *mm* Quecksilber von normaler Schwere, ist hiernach 1013260 *Bar* (vgl. z. B. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 11. Aufl. *S. 669.* Leipzig *1910*).

Neuerdings ist in meteorologischen Kreisen der Wunsch aufgetaucht, den Luftdruck nicht mehr nach der Länge der ihm das Gleichgewicht haltenden Quecksilbersäule in *cm* zu messen, sondern ihn in absoluten Druckeinheiten, *Dyn/cm*², anzugeben, und zwar griff man auch hier nach einem von Bjerknes etwa um die Jahrhundertwende gemachten Vorschlag zu der Einheitsbenennung des *Bar*, wählte diese aber 1 Million mal größer als Richards, indem man setzte

$$1\ Bar = 10^6\ Dyn/cm^2.$$

Hiernach wird also die physikalische Atmosphäre gleich 1,01326 *Bar*, oder auch 1 *Bar* entspricht einem Luftdruck von 750,05 *mm* Quecksilber nach der bisherigen Ausdrucksweise.

Auf der jüngsten Tagung der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt in Wien wurde nun beschlossen, daß diese Druckeinheit oder ihre Dezimalteile — *Dezibar*, *Zentibar*, *Millibar* — künftig in den Veröffentlichungen der internationalen Kommission angewendet werden sollten. Die Befürchtung, daß diese Einführung des *Bar* der

---

[1]) Th. W. Richards, *The methods of determining compressibility. Carnegie Publication*, Nr. 7. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **49.** *S. 1. 1904.*

erste Schritt zu seiner Einführung in die ganze messende Meteorologie sei, hat Trabert[1]) zu einem geharnischten Protest veranlaßt, in dem er darauf hinweist, daß sich dadurch die Meteorologie von der Physik lossage, weil diese nicht alle Konsequenzen eines solchen Schrittes ziehen könne. Beispielsweise macht er darauf aufmerksam, daß der eine Fundamentalpunkt der Temperatur, der Wassersiedepunkt, entsprechend geändert werden müsse, indem als Siedepunkt des Wassers künftig die Temperatur gelten müsse, bei der das Wasser unter 1 *Bar* Druck siedet. Mit dieser Änderung des Fundamentalabstandes ändere sich aber auch der Zentesimalgrad, damit die Temperatur des absoluten Nullpunktes usw. Tatsächlich besteht die Absicht der Einführung des *Bar* in die ganze Meteorologie nicht, wie Trabert selbst in einer zweiten Notiz[2]) hervorhebt. — Referent möchte fast sagen, diese Absicht besteht *leider* nicht, denn er würde es für sehr nützlich halten, wenn von dieser Seite her an die Physik die Notwendigkeit heranträte, das absolute Maßsystem entsprechend abzurunden.

Seit lange herrscht zwischen Physikern und Ingenieuren ein schroffer Gegensatz in bezug auf die Wahl des Maßsystems. Die Physiker halten unbedingt an dem Gaußischen absoluten Maßsystem fest, in welchem das *Gramm* eine *Masse* bezeichnet und als solche als Grundeinheit in das Maßsystem eingeht. Die Ingenieure andererseits betrachten das *Gramm* als die *Einheit der Kraft* (Gewicht), wobei die Beziehung besteht

$$\begin{aligned} 1\,g\text{-Kraft} &= 1\,g\text{-Masse} \times \text{der mittleren Beschleunigung der Schwere} \\ &= 1\,g\text{-Masse} \times 980{,}62\ cm/sec^2 \\ &= 980{,}62\ Dyn\,. \end{aligned}$$

Dieser Gegensatz zwischen Physikern und Ingenieuren würde wahrscheinlich erheblich gemildert werden, wenn man für die Massen- und für die Krafteinheit verschiedene Bezeichnungen hätte. Daß man die im bürgerlichen Leben allgemein gebräuchliche Masseneinheit, die gesetzlich und international Gramm heißt, nunmehr anders nennen könnte, ist ausgeschlossen. Es bleibt also nur die Möglichkeit, die Krafteinheit, das Gramm der Ingenieure, anders zu nennen; Budde[3]) hat hierfür die Bezeichnung „*Bar*" vorgeschlagen, und dieser Vorschlag ist vom Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen aufgegriffen und den an ihm beteiligten Vereinen zur Annahme empfohlen[4]), wobei der Ausschuß weniger Gewicht auf die Wahl dieses Namens legt, als vielmehr darauf, für eine verschiedene Benennung der Massen- und der Krafteinheit zu wirken. Unter Vorbehalt eines andern Namens als *Bar* für die Krafteinheit der Ingenieure ergeben sich als abgeleitete Einheiten das Kilobar (*kb*), die Schwere des Kilogramms, und das Megabar (*Mb*), die Schwere der Tonne. Weitere zusammengesetzte Einheiten wären dann das Barmeter (*bm*) und das Kilobarmeter (*kbm*), letzteres an Stelle des Kilogrammeters, ferner das Kilobar auf das Quadratmillimeter, auf das Quadratzentimeter (kb/mm^2, kb/cm^2), das letztgenannte die sogenannte technische Atmosphäre.

Das Wort *Bar* hat also nunmehr drei Bedeutungen, von denen die beiden ersten (Physikerkongreß bzw. Richards und die Meteorologie) wesensgleich sind und sich nur durch den Faktor 10^6 unterscheiden. Ohne Rücksicht auf diesen Faktor ist hier $Bar = Dyn/cm^2$. Dieser Bedeutung des Wortes *Bar* gebührt die Priorität, insonderheit der Bedeutung $1\ Bar = 1\ Dyn/1\ cm^2$. In der drittenBedeutung ist *Bar* wesensgleich mit *Dyn* selbst, von den beiden anderen Bedeutungen also durch die Dimension eines cm^2 verschieden. Nebeneinander können die drei Einheitsbezeichnungen des *Bar* also nicht gebraucht werden, und es bleibt abzuwarten, in welcher Bedeutung sich das *Bar* einbürgern wird.

Möglicherweise wird aber die Vieldeutigkeit des seiner einfachen Form wegen als Einheitsbezeichnung gut geeigneten Namens *Bar* seine Einführung in die Wissenschaft über-

---

[1]) Wilh. Trabert, Millimeter oder Millibar? *Meteorol. Zeitschr.* **29.** *S. 401. 1912.*

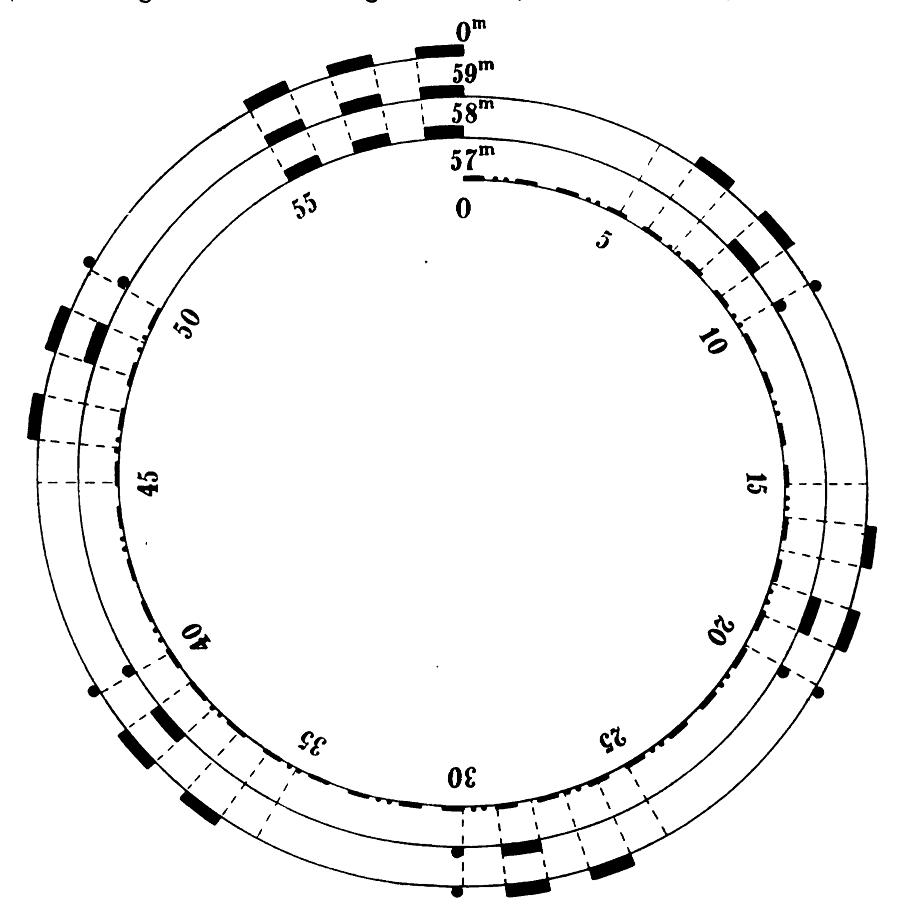
[2]) Wilh. Trabert, ebenda. *S. 586.*

[3]) E. Budde, Kilogramm-Kraft und Kilogramm-Masse, ein Vorschlag zur Einigung. *Elektrotechn. Zeitschr.* **32.** *S. 53. 1911*; *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **57.** *S. 303. 1913.* (Mit einer Einleitung von K. Strecker.)

[4]) Vgl. z. B. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **15.** *1913.*

verfälschen oder ausfallen lassen, sondern es werden in solchen Fällen alle Signale davon betroffen werden. Wir halten es deshalb für sicherer und zweckmäßiger, die Abgabe der Signale nicht einem besonderen Laufwerk, sondern der Stationspendeluhr selbst zu übertragen, in welche sich die erforderlichen Kontakteinrichtungen leicht einbauen lassen, ohne daß der gleichmäßige Gang der Uhr dadurch irgendwie beeinträchtigt wird.

Die Abgabe der fünf Punktsignale zu den Sekunden 10, 20, 30, 40, 50 wird in einfacher Weise durch ein auf der Steigradachse aufgesetztes Rad mit 5 Zähnen erfolgen können. Die Abgabe eines Strichsignales von 1,0 Sekunde Dauer, dessen Anfang und



Internationale Funken-Zeitsignale.

Fig. 1.

Ende mit der vollen Sekunde übereinstimmen soll, bereitet jedoch Schwierigkeiten, wenn man sie *einem* Kontakte übertragen will, zumal bei der schnellen Aufeinanderfolge dieser Signale. Es läßt sich dies technisch allerdings durch Hebelkontakte durchbilden, jedoch wird bei einer derartigen Ausführung die Uhr zu stark belastet. Dagegen kann man die Abgabe eines solchen Strichsignales leicht mit der größten Genauigkeit herstellen, wenn man hierfür zwei aufeinanderfolgende Sekundenkontakte benutzt, von denen der erste den Kontakt eines polarisierten Relais schließt, der zweite mit entgegengesetzter Stromrichtung denselben Kontakt öffnet. Auf diesem Prinzip beruht die Kontakteinrichtung, die wir für die Abgabe der funkentelegraphischen Zeitsignale in Vorschlag bringen. Sie ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Diese

zeigt zugleich alle Einrichtungen, welche notwendig sind, um eine vollständig automatische Abgabe der Signale durch die Stationspendeluhr zu den für jede Station festgesetzten Zeiten herbeizuführen.

Für die Abgabe der Signale sind 5 mit Zähnen versehene Räder P', P'', Q', Q'', R auf der Steigradachse nötig.

Die Zähne von P' entsprechen den Sekunden	8,	18,	28,	38,	48,	55,	57,	59,
„ „ „ P'' „ „ „	9,	19,	29,	39,	49,	56,	58,	0,
„ „ „ Q' „ „ „	6,	16,	26,	36,	46,			
„ „ „ Q'' „ „ „	7,	17,	27,	37,	47,			
„ „ „ R „ „ „	10,	20,	30,	40,	50.			

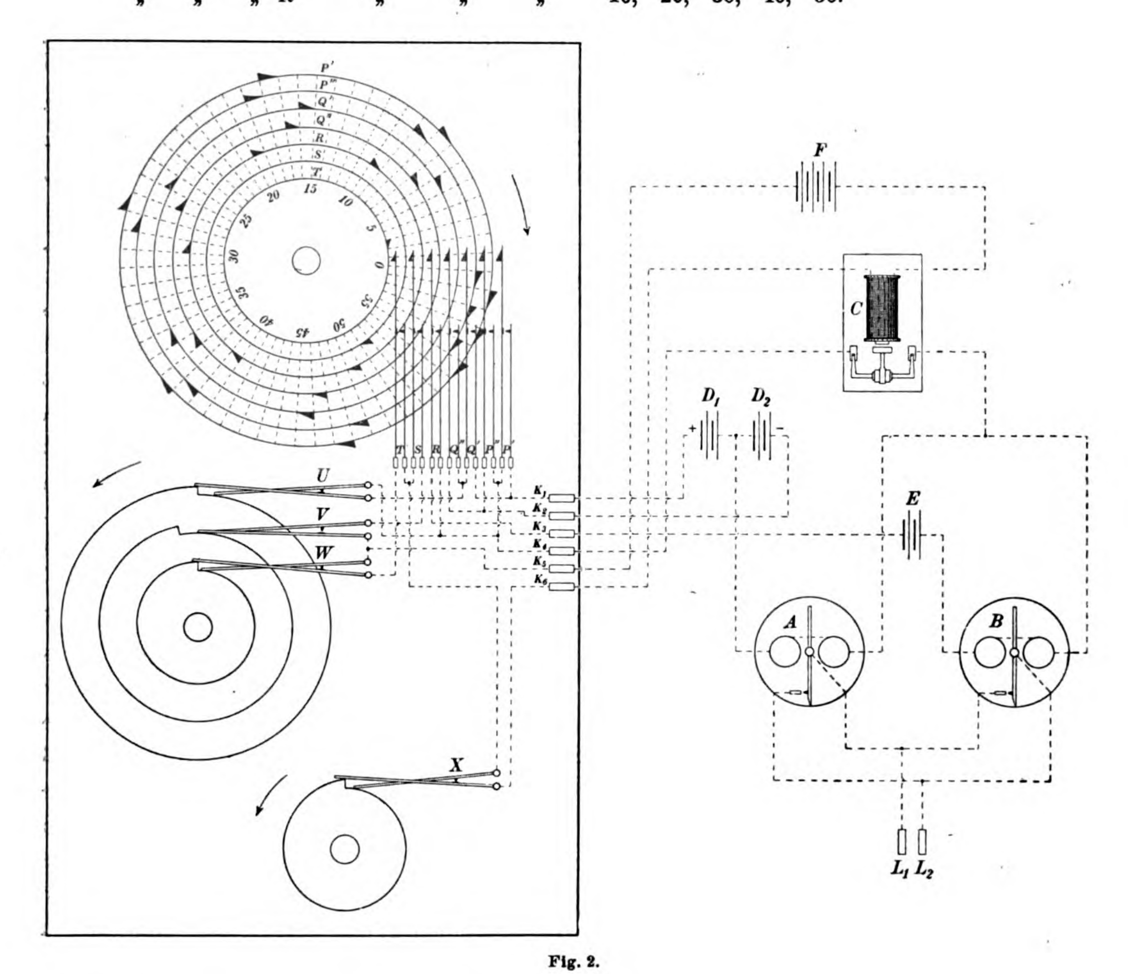


Fig. 2.

Die Zähne der genannten Kontakträder heben bei der Bewegung des Steigrades zarte mit Steine versehene Hebel, welche alsdann die Kontakte schließen.

Damit diese Sekundensignale zu den vorgeschriebenen Minuten erfolgen, sind weiter noch 5 Einschaltkontakte erforderlich; zwei werden gleichfalls durch Räder (S und T) auf der Steigradachse und drei durch Doppelhebel (U, V, W) auf der Minutenachse gebildet. S hat einen Kontaktzahn bei Sekunde 52, T einen Kontaktzahn bei Sekunde 3, und beide schließen die Kontakte in gleicher Weise wie die anderen Räder auf der Steigradachse. Die Doppelhebel U, V, W liegen beständig auf einer Schnecke auf. Der kürzere Hebel fällt bei der Schneckennase zuerst ab

und legt sich auf den zweiten längeren Hebel, wobei der Kontakt geschlossen wird. Derselbe wird geöffnet, sobald der längere Hebel abfällt. Die Zeit des Eintritts und die Dauer des Kontaktes läßt sich durch Drehung der Schnecke, bzw. durch Änderung der Länge der beiden Hebel leicht einstellen. Da der Eintritt solcher Kontakte auf der Minutenwelle nur etwa innerhalb 5 Sekunden genau ist, war es notwendig, damit die einzelnen Punktsignale nicht in die benachbarten Minuten hinübergreifen, auf der Steigradachse noch die beiden Kontakträder S und T anzuordnen, welche, in Reihe mit den Minutenkontakten geschaltet, die Einschaltung der eigentlichen Signalkontakte P, Q, R auf die Sekunde genau besorgen.

Kontakt U ist geschlossen von $58^m\,55^s$ bis $60^m\,20^s$
„ V „ „ „ 57 20 „ 58 20
„ W „ „ „ 59 30 „ 60 30

Kontakt S, welcher zur Sekunde 52 geschlossen wird, ist in Serie geschaltet mit V und dient zur Einschaltung von P und R; U dient zur Einschaltung von Q; Kontakt T, welcher zur Sekunde 3 geschlossen wird, ist in Serie mit W geschaltet und dient zur Ausschaltung von P, Q und R. Damit die Signale nur zur vorgeschriebenen Stunde erfolgen, ist weiter auf der Stundenachse ein Doppelhebelkontakt X angeordnet, der 10 Minuten vor der Signalzeit geschlossen und 10 Minuten nach der Signalzeit wieder geöffnet wird. Die Schaltung der einzelnen Kontakte und die sonstige erforderliche elektrische Einrichtung sind aus der Fig. 2 ersichtlich. In dieser sind die Zähne der Kontakträder P', P'', Q', Q'', R, S, T der besseren Übersichtlichkeit halber auf konzentrischen Kreisen angeordnet, in gleicher Weise auch die Schnecken der Minutenkontakte. Die elektrische Einrichtung außerhalb der Pendeluhr umfaßt das polarisierte Relais A, das gewöhnliche Relais B, den Fernschalter C, die Batterien D_1, D_2, E und F. An die Klemmen L_1 und L_2 wird die Leitung zum funkentelegraphischen Abgabeapparat angeschlossen.

Der Verlauf der Kontaktgebung erfolgt in folgender Weise:

10 Minuten vor der Signalzeit, also z. B. $11^h\,50^m$, wird der Stundenkontakt X geschlossen, $11^h\,57^m\,20^s$ der Minutenkontakt V. Infolgedessen tritt bei Schluß des Kontaktes S zur Zeit $11^h\,57^m\,52^s$ ein Stromschluß ein, von der Klemme K_5 über Batterie F, Spule des Fernschalters C zur Klemme K_6. Hierbei wird durch die Kontakte des Fernschalters C die von der Klemme K_4 ausgehende Leitung geschlossen, und zwar so lange, bis der Fernschalter durch einen neuen Stromimpuls die Kontakte wieder öffnet. Diese Leitung verläuft nun einmal über die Spulen des polarisierten Relais A, und entweder über die Batterie D_1 nach der Klemme K_1, oder über die Batterie D_2 nach der Klemme K_2; zweitens über die Spulen des Relais B und Batterie E zur Klemme K_3. An der Klemme K_3 liegt der Kontakt R, welcher die Punktsignale zu den Zehnersekunden gibt. Diese werden also von dem Kontakt des Relais B an die Klemmen L_1 und L_2 abgegeben. An K_1 liegt der Kontakt P', der zur Sekunde 8 geschlossen wird. Durch diesen wird also der Kontakt des polarisierten Relais A mittels der Batterie D_1 geschlossen. Eine Sekunde später wird der Kontakt P'' geschlossen, welcher über die Klemme K_2 und Batterie D_2 den Spulen des polarisierten Relais A nun einen Strom umgekehrter Richtung zuführt und den Kontakt des polarisierten Relais A wieder öffnet. Von diesem Kontakt aus werden also die Strichsignale an die Klemmen L_1 und L_2 abgegeben. Die zweite Reihe von Strichsignalen, welche von 6^s—7^s, 16^s—17^s usw. nur in der Minute 59 erfolgen, werden in gleicher Weise durch die Kontakte Q' und Q'' erteilt. Ihre Rückleitung führt aber nicht direkt zur Klemme K_4 wie bei den Kontakten P und R, sondern über den Kontakt U.

Da dieser Kontakt aber um $11^h\ 58^m\ 55^s$ geschlossen wird, kann der erste Strich dieser Reihe erst zur Zeit $11^h\ 59^m\ 6^s$ erfolgen.

Die Ausschaltung aller Sekundenkontakte erfolgt zur Zeit $12^h\ 0^m\ 3^s$ durch den Kontakt T in Verbindung mit dem Hebelkontakt W. Zu dieser Zeit wird der Stromkreis der Batterie F über den Fernschalter C zur Klemme K_6 geschlossen; der Fernschalter zieht abermals an, öffnet seine Kontakte und damit die von Klemme K_4 ausgehende Rückleitung aller Signale. 10 Minuten später wird der Stundenkontakt wieder geöffnet, und ein neuer Ablauf der Signalabgabe in der geschilderten Weise kann erst wieder eintreten, wenn dieser Kontakt von neuem geschlossen wird.

Eine Kontakteinrichtung der beschriebenen Art ist auf der hiesigen Sternwarte ausgeführt und in eine vorhandene Pendeluhr eingebaut worden. Es hat sich hierbei als zweckmäßig erwiesen, die 7 Kontakträder P, Q, R, S, T nicht auf die Steigradachse selbst aufzusetzen, sondern auf eine zweite Achse, welche durch Rad und Trieb mit der Steigradachse in Verbindung steht und sich genau so bewegt wie die Steigradachse. Die angestellten Versuche haben ergeben, daß diese Kontakteinrichtung den gestellten Anforderungen vollkommen entspricht und die Signale sicher und mit größter Genauigkeit erfolgen. Der naheliegende Gedanke, an Stelle der 7 Kontakträder eine Kontaktscheibe mit Stiften zu verwenden, in ähnlicher Weise, wie die schematische Darstellung angibt, ist zur Ausführung nicht empfehlenswert, da der Uhr bei den erforderlichen Dimensionen dieser Scheibe zur Bildung der durch die einzelnen Stifte betätigten Kontakte zu viel Kraft entzogen wird. Verwendet man dagegen, wie wir es vorschlagen, sieben einzelne Räder von etwa 25 *mm* Durchmesser, so wird der Gang der Uhr in geringerem Maße beeinflußt wie durch irgend einen auf der Steigradachse angeordneten Sekundenkontakt. Denn auf allen diesen Rädern sind zusammen nur 33 Zähne vorhanden, und daher ist nur etwa die Hälfte der Arbeit zu leisten, die eine Uhr mit Sekundenkontakt leisten muß.

Sternwarte Bergedorf, Februar 1913.

Fluor-Kron, eine neue Glasart für optische Zwecke.

Von

Dr. E. Zschimmer in Jena.

(Mitteilung aus dem Glaswerk Schott & Gen.)

Abbe[1]) erkannte die wertvollen Eigenschaften des *Flußspats* (Fluorcalcium) für optische Systeme. Die von ihm angegebenen Konstanten:

$$n_D = 1{,}4338 \qquad \nu = 95{,}4 \qquad (H\beta \text{ bis } \gamma) : (H\alpha \text{ bis } \beta) = 0{,}561$$

lassen dieses Material zwar „hinsichtlich des fundamentalen Effektes relativ ungünstig erscheinen“, weil es eine außerordentlich *niedrige Brechung* besitzt. „Bei vielen zusammengesetzten Linsenkombinationen, namentlich den für das Mikroskop dienenden, erfordert aber die Aufhebung der sphärischen Aberration, daß zwischen aneinandergrenzenden Medien mit gleichem Krümmungsmaß der sich berührenden Grenzflächen eine *Differenz* der Brechungsindizes eingeführt werde, von deren Größe unter sonst gleichen Umständen die kompensatorische Wirkung hinsichtlich der sphärischen Aberration ab-

---

[1]) E. Abbe, *diese Zeitschr.* **10.** *S. 1. 1890.*

hängt.“ Der Flußspat gewährt deshalb einen viel freieren Spielraum für die Auswahl unter den zur Erzielung der Kompensation notwendigen schwer brechenden Gläsern. Hierzu kommt die ganz ungewöhnlich *niedrige Farbenzerstreuung* und ein für die Aufhebung des sekundären Spektrums besonders *günstiges Verhältnis der partiellen Dispersionen* in den verschiedenen Spektralgebieten. Übrigens gibt J. W. Gifford[1]) neuerdings folgende Werte an:

$$n_D = 1{,}4338542 \qquad \nu = 97{,}493 \qquad (F \text{ bis } G) : (C \text{ bis } F) = 0{,}56333,$$

also ein noch höheres ν und günstigere Blaudispersion.

Im Anschluß hieran führte Abbe im Hinblick auf die Einführung des Fluors in optische Gläser folgendes aus:

„Zum voraus konnte nicht zweifelhaft sein, daß die charakteristischen optischen Merkmale des Flußspates, welche die spektrometrischen Bestimmungen darstellen, begründet sein würden in einer spezifischen Wirkung des Fluors, welcher 50 Proz. des Fluorcalciums ausmacht. Es lag also der Gedanke nahe, daß, wenn es gelänge, dieses Element in erheblicher Menge in künstliche Schmelzflüsse einzuführen, auch Glasarten zu gewinnen sein würden, welche die vorteilhaften Eigenschaften des Flußspates, wenigstens zum Teil, in Geltung bringen.

Versuche in dieser Richtung, welche Dr. Schott schon im ersten Stadium seiner auf die Verbesserung des optischen Glases gerichteten Arbeiten 1881 und in den nächstfolgenden Jahren ausführte, haben jene Annahme insofern bestätigt, als es durch Anwendung von Fluoriden in der Tat gelang, in kleinem Maßstab Gläser darzustellen, welche neben einem niedrigen Wert des Brechungsindex auch eine sehr verminderte Dispersion zeigten. Diese Versuche ließen aber zugleich (wie Dr. Schott schon berichtet hat[2]) die ganz ungewöhnlichen technischen Schwierigkeiten erkennen, welche sich der Darstellung genügend homogener Glasflüsse von solcher Zusammensetzung entgegenstellen, und welche zunächst wenigstens als aussichtslos erscheinen lassen mußten, praktisch brauchbare Glasarten von ähnlichen Eigenschaften wie der Flußspat herzustellen.“

Weitere Versuche des *Jenaer Glaswerks* ergaben zwar die *Möglichkeit*, Schmelzen mit etwa 8 bis 10 Proz. Fluorcalcium im großen Maßstabe herzustellen (sog. „Fernrohrkron“), indessen gelang es nicht, solche Gläser in genügender Schlierenfreiheit und ohne Kristallausscheidungen (Steine) in haltbarer Beschaffenheit regelmäßig darzustellen, so daß die Fabrikation trotz der aufgewendeten erheblichen Kosten später wieder aufgegeben werden mußte.

Während bei diesen Schmelzversuchen die Erreichung einer möglichst günstigen relativen Dispersion in Verbindung mit hohem ν und hoher mittlerer Brechung maßgebend war, schien mir die Nachahmung der niedrigen Brechung des Fluorits und des hohen ν-Wertes, zunächst ohne Rücksicht auf die Farbenzerstreuung, in den einzelnen Spektralgebieten für die Optik lohnend. Es ergab sich in der Tat die Möglichkeit, das Fluor (in passender Form der Verbindung) geeigneten Lösungsmitteln in so großer Menge einzuverleiben, daß der Einfluß auf die mittlere Brechung und Dispersion bedeutend genug wurde, um die Darstellung solcher Glasarten für optische Zwecke im Hüttenbetriebe zu unternehmen.

Das Ergebnis war zunächst das sog. *„Kron mit niedrigstem n_D“*, Typ O 3467, mit $n_D = 1{,}4649$ $\nu = 65{,}6$ spez. Gew. $= 2{,}22$ (Jenaer Glaskatalog 1909).

[1]) J. W. Gifford, *Proc. Roy. Soc. London* **70.** *S. 329. 1902.*

[2]) O. Schott, *Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefl. vom 4. Juni 1888.*

Die Verwendbarkeit dieses vor einigen Jahren von mir dargestellten Glases war in *optischer* Hinsicht ohne Zweifel aussichtsvoll, besonders für *photographische Systeme;* allein, es hatte den schlimmen Fehler, nicht genügend *haltbar* zu sein. Die Oberflächen polierter Linsen bekamen schon während der Fabrikation Risse, die von der Quellbarkeit der Glasmasse unter der Einwirkung des Wassers herrührten. Trotz dieses scheinbar hoffnungslosen, auf chemischen Ursachen beruhenden Charakters derartiger Lösungsmittel für das Fluor habe ich, auf wiederholte Anregung einiger optischer Werkstätten, die Versuche fortgesetzt, welche schließlich zeigten, daß bei Anwendung geeigneter Zusätze die Quellbarkeit der Glasmasse gänzlich oder bis auf praktisch bedeutungslose Reste verhindert werden kann. Hierauf wurden mehrere Schmelzen im großen Maßstabe ausgeführt, deren optische Konstanten nach den spektrographischen Messungen des Optischen Meßlaboratoriums bei Carl Zeiss folgende Werte besitzen:

Optischer Typus	Glasart	Brechungsindex n_D	Mittlere Dispersion $n_F - n_C$	$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$	Partielle Dispersion $n_D - n_{A'}$ / $\frac{n_D - n_{A'}}{n_F - n_C}$	$n_F - n_D$ / $\frac{n_F - n_D}{n_F - n_C}$	$n_{G'} - n_F$ / $\frac{n_{G'} - n_F}{n_F - n_C}$
O 6781	**Fluor-Kron**	1,4933	0,00706	**69,9**	0,00467 **0,662**	0,00494 **0,700**	0,00390 **0,552**
O 6500	**Fluor-Kron**	1,4710	0,00701	**67,2**	0,00463 **0,660**	0,00492 **0,701**	0,00389 **0,554**
O 7185	**Fluor-Kron**	1,4637	0,00707	**65,6**	0,00464 **0,656**	0,00496 **0,701**	0,00394 **0,557**

Wie die Messungen zeigen, ist nun der erreichte niedrigste Wert der mittleren Brechung:

$$n_D = 1{,}4637\,.$$

Aus meinen Vorversuchen glaube ich schließen zu können, daß ein

$$n_D = 1{,}458$$

noch im Bereiche des Möglichen liegt. Hiermit würde, da auch das ν sich entsprechend halten läßt, der interessante Fall gegeben sein, daß die Werte $n_D = 1{,}458$ $\nu = 67{,}6$ des *Quarzglases* auch einem optischen Glase von total verschiedener chemischer Zusammensetzung zukommen.

Hinsichtlich des ν habe ich wenig Hoffnung, über das Maximum 70,0 noch wesentlich hinaufzukommen, — doch läßt sich nichts voraussagen, solange die Versuche in einem wissenschaftlich ganz unbekannten Gebiet nicht abgeschlossen sind[1]). Daß es einmal möglich sein könnte, den Flußspat zu erreichen, daran wage ich freilich nicht zu denken.

Fügt man die Fluor-Kron-Gläser dem Jenaer Typenverzeichnis 1909 ein, so ergibt sich die auf der folgenden Seite dargestellte Reihenfolge.

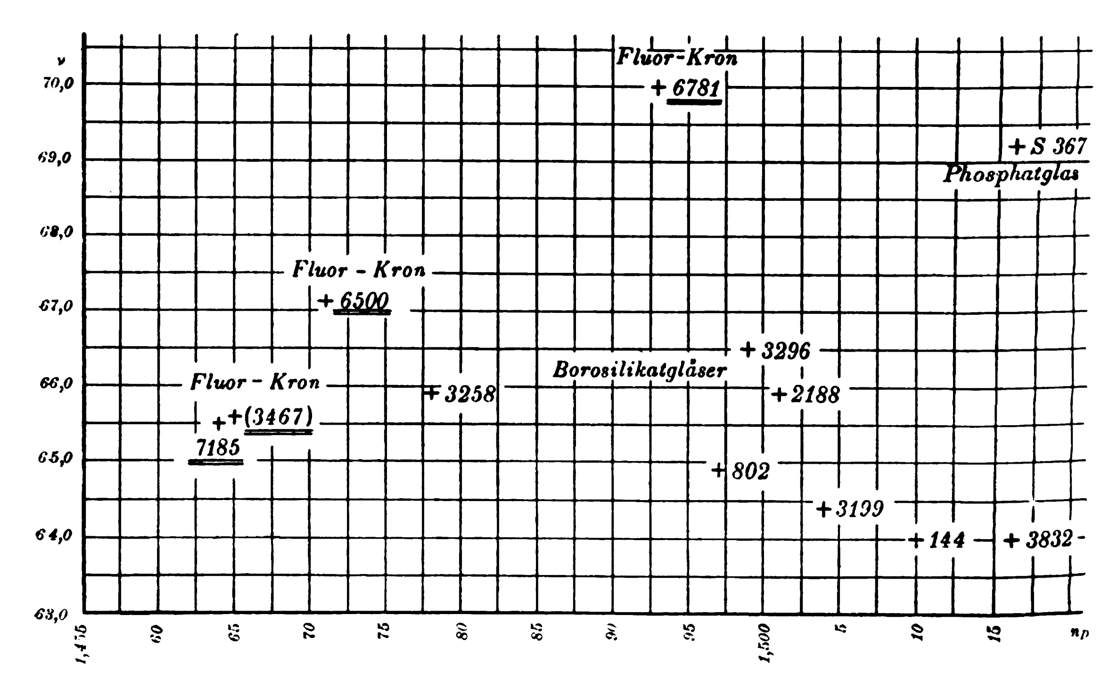
Unter den Jenaer „Spezialgläsern" gehört hierzu noch das bekannte, leider nicht haltbare S 367 Phosphat-Kron 1,5164 $\nu = 69{,}2$, welches für Mikroskoplinsen noch regelmäßig hergestellt wird (in kleinen Mengen). Die in der Tabelle eingeklammerten Typen sollen in dem neuen Glaskatalog 1913 fortbleiben, da sie sehr blasig und nicht

---

[1]) Inzwischen ist es gelungen, Schmelzen darzustellen, deren ν-Wert etwas über 70 liegt.

gut haltbar sind; dagegen werden die 3 Fluorgläser aufgenommen. In bezug auf die Lichtdurchlässigkeit sind sie ebenso günstig wie Borosilikat-Kron, so daß an eine Verwendung besonders für photographische Objektive gedacht werden kann.

Typus	Glasart	n_D	ν	Spezif. Gewicht
O 6781	**Fluor-Kron**	**1,4988**	**69,9**	**2,48**
O 6500	**Fluor-Kron**	**1,4710**	**67,2**	**2,31**
(O 3296	Borosilikat-Kron	1,4991	66,5	2,36)
O 2188	Borosilikat-Kron	1,5013	65,9	2,46
(O 3258	Borosilikat-Kron	1,4782	65,9	2,23)
O 7185	**Fluor-Kron**	**1,4687**	**65,6**	**2,27**
O 802	Borosilikat-Kron	1,4967	64,9	2,38
UV 3199	UV-Kron	1,5035	64,4	2,41
O 3832	Prismen-Kron	1,5163	64,0	2,54
O 144	Borosilikat-Kron	1,5100	64,0	2,47



Betrachtet man das Diagramm der ν- und n_D-Werte in beistehender Figur, so fällt der beträchtliche Abstand auf, in welchen die neuen, gut haltbaren Gläser durch den Gehalt an Fluor treten, gegenüber den mit Borsäure (auf Kosten der Haltbarkeit) noch erreichbaren höchsten ν-Werten bei gegebener mittlerer Brechung. Die von Abbe vorausgesehene optische Wirkung des Fluors in Schmelzflüssen hat sich somit vollkommen bestätigt.

Ein neues Spektralphotometer mit Savartschem Polariskop.

Von
Kgl. Forstmeister **Max Wagner** in Jacobshagen in Pommern.

Für viele spektroskopische Zwecke, bei denen es auf eine große Helligkeit, verbunden mit einer starken Dispersion, im roten Teile des Spektrums ankommt, reichen die gebräuchlichen Apparate nicht aus, besonders dann, wenn es sich um die Untersuchung starker und wenig durchscheinender Gegenstände, wie dicker Blätter und Nadeln, grüner Pflanzen, auf Absorption handelt. Durch Beugungsgitter läßt sich allerdings auch bei verhältnismäßig kleinen Instrumenten eine größere Dispersion im Rot erreichen, aber, abgesehen von der Lichtschwäche aller Gitter, ist bei diesen kleinen Instrumenten die Überlagerung des Rot im Spektrum I. Ordnung durch das Violett des Spektrums II. Ordnung oft recht störend. In vielen Fällen lassen sich aber, wie N. Umow (*Physikal. Zeitschr.* ***13.*** *S. 962. 1912*) nachweist, Absorptionsbestimmungen im durchgehenden Licht gar nicht ausführen, und erst mittels des durch Reflexion polarisierten Lichtes kann man schwächste Absorptionen feststellen. Im durchgehenden Licht ist es ferner oft nicht möglich, zu entscheiden, ob eine Absorption oder eine metallische Reflexion vorliegt, wenn Lichtstrahlen im Spektrum gewisser Gegenstände scheinbar verschwinden, wie dies beispielsweise bei grünen Blättern lebender Pflanzen zutrifft. Schon im Jahre 1910 habe ich mit dem hier beschriebenen, nach Umows Versuchsanordnung (N. Umow, *Physikal. Zeitschr.* ***10.*** *S. 259. 1909*) ergänztem Instrument nachweisen können, daß grüne Blätter blaue und violette Strahlen nicht absorbieren, sondern nach vorn reflektieren, und Umow bestätigt dies auch durch seine Abbildung des Spektrums eines grünen Blattes auf Tafel XXX, Nr. 177 seiner letzten Veröffentlichung (*Physikal. Zeitschr.* ***13.***).

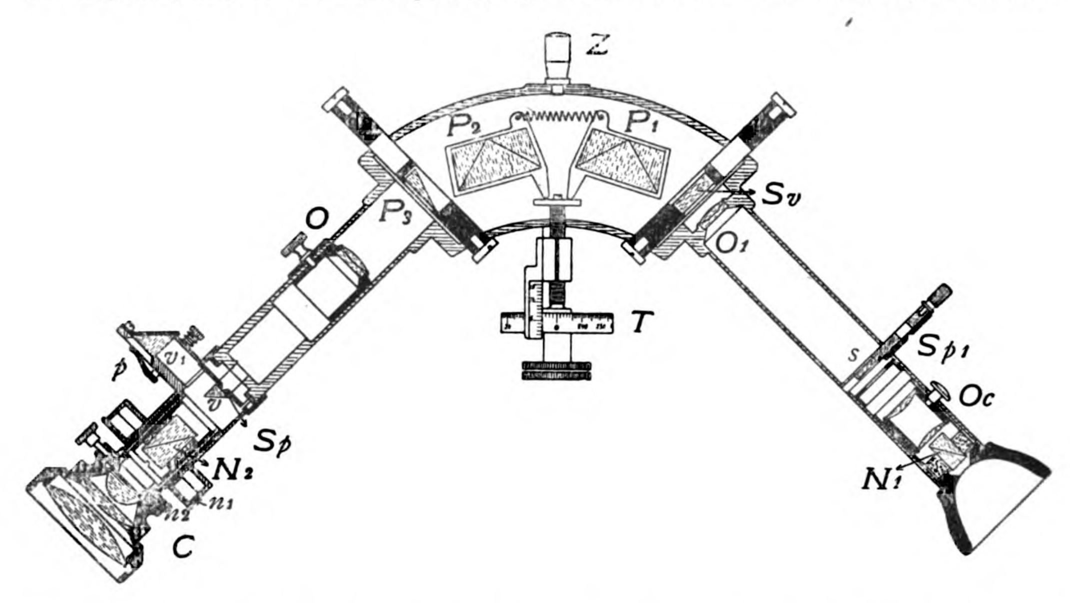
Nicht gerade selten macht sich ferner bei spektroskopischen Arbeiten das Bedürfnis fühlbar, die Stärke der Auslöschung durch Absorption oder die spektrale Veränderung des Lichtes auch quantitativ zu bestimmen. Allen diesen Zwecken soll das in der beigegebenen Schnittzeichnung dargestellte Instrument dienen, das in den mechanisch optischen Werkstätten der Firma R. Fuess in Steglitz hergestellt und von dem wissenschaftlichen Leiter der optischen Abteilung dieser Firma, Herrn C. Leiss, konstruiert worden ist.

Größe und Gewicht des Instrumentes durften, da es auch aus freier Hand gebraucht und, ohne lästig zu sein, längere Zeit in einer Tasche getragen werden sollte, bestimmte Grenzen nicht überschreiten. Beide Bedingungen sind erfüllt worden, denn das Gewicht mit einem in einer Tasche von 30×18×8 *cm* Größe untergebrachten Kasten beträgt nur 2 *kg*, ohne Kasten und Tasche rund 800 *g*.

Ich gebe nachstehend kurz eine Zeichenerklärung mit den wichtigsten optischen Daten, um dann über Leistung und Gebrauchsfähigkeit einige Angaben zu machen.

Wie aus der Schnittzeichnung ersichtlich ist, wurde für die Unterbringung der Prismen und die Vorrichtung zur Bestimmung der Wellenlängen die Anordnung des Spektralapparates nach E. A. Wülfing: „Zur Beleuchtung mit Licht verschiedener Wellenlänge" gewählt. (C. Leiss, *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 209. 1899* und ders., „Die optischen Instrumente der Firma R. Fuess". Leipzig 1899.) An dem aus Aluminiumguß gefertigten Prismengehäuse befinden sich die beiden, unter einem Winkel von 90° zueinander stehenden festen Fernrohre. In dem Prismengehäuse sind zwei gleiche, in geeigneter Weise auf Drehscheiben fest montierte Rutherford-Prismen P_1

und P_2 angebracht, die aus einem Flintglasprisma mit brechendem Winkel von 90° und einem Brechungsindex für Na-Licht $n_D = 1{,}65$ bestehen, das zwischen je 2 Kronglasprismen eingekittet ist. Die Gesamtablenkung beider Rutherford-Prismen beträgt zusammen 90°. P_3 ist ein Ablenkungsprisma mit einem Winkel von 20° und hat den Zweck, die Umkehrung des Spektrums, die bei etwa $\lambda = 470\ \mu\mu$ eintreten würde, aufzuheben. Bei Untersuchungen in langwelligerem Licht als 465 $\mu\mu$ wird es ausgeschaltet. O und O_1 sind zwei besonders gut korrigierte achromatische Objektive von 14 *mm* Durchmesser und 50 *mm* Brennweite. Um bei dem großen Öffnungsverhältnis eine gute Definition zu erreichen, war eine besonders gute Korrektion erforderlich. Objektiv O ist durch einen kurzen Schraubengang im Außenrohr verstellbar. Oc ist eine gleichfalls verstellbare Okularlupe von etwa 12facher Vergrößerung, T eine Meßtrommel, die, in 250 Teile geteilt, die vertikale Skala zur Ablesung der vollen



Millimeter bestreicht. T ist mit einer Schraube von 1 *mm* Steigung auf 1 Umgang verbunden, die zur Bewegung der Drehscheiben dient, auf denen die Prismen angebracht sind. Der Spalt Sp ist aus feinen Stahlschneiden gefertigt und wird durch einen außen angebrachten Ring nach Art der amerikanischen Klemmfutter in seiner Weite verstellt. v und v_1 sind total reflektierende Vergleichsprismen, von denen v, das sonst die eine Hälfte des Spaltes deckt und auch beleuchtet, wegklappbar angebracht ist. Über v_1 befindet sich die durch eine Spiralfeder angedrückte Gabel p zum Festhalten von Vergleichsgegenständen. N_1 und N_2 sind herausnehmbare Nicolsche Prismen. N_1 ist abschraubbar, seine Schwingungsebene durch Marken an der Fassung und am Außenrohr bezeichnet; N_2 ist mit einer plankonvexen Linse in einem Rohre n_2 befestigt, das in den drehbaren, mit einer Winkeleinteilung von 2 zu 2° versehenen Kopf n_1 einzustecken und gegen ein gleiches Rohr ohne Nicol auszuwechseln ist. Das Nicolrohr hat eine Nase, die zur Festlegung der Schwingungsebene in einen Schlitz, der im oberen Rande des Kopfes vorgesehen ist, paßt. Sv ist eine ausschaltbare Savartplatte von besonders großer Empfindlichkeit. In eingeschaltetem Zustande bildet sie mit Nicol N_1 ein Savartsches Polariskop. Auf einer verschiebbaren Platte sind sowohl ein Signal s als auch ein Spalt Sp_1 angebracht, die nach Bedarf in die optische Achse des Instrumentes so eingeschaltet werden können, daß sie genau an die gleiche Stelle

kommen. Das Signal besteht aus einer Glasplatte, auf der in der Bildebene des Objektives O_1 eine feine, in der Mitte unterbrochene Linie eingeätzt ist. Die Glasplatte ist schräg angeschliffen und poliert, um die Signallinie mit dem durch den Durchbruch des Rohres einfallenden Lichte zu beleuchten, wenn es sich um Einstellungen auf wenig helle Spektralteile handelt. Die Einstellung selbst erfolgt mit den inneren Spitzen der Signallinie, was der Krümmung der Spektrallinien und Bänder wegen notwendig ist. Der Spalt Sp_1 wird gebraucht, wenn man aus dem Spektrum ein möglichst monochromatisches Lichtbüschel herausschneiden will. Seine Breite ist verstellbar. C ist ein Abbescher Kondensor von 8 *mm* Brennweite und numerischer Apertur 1,4. Er ist durch 3 Klemmschrauben auf dem gerändelten Rande des Rohres n_2 zu befestigen und dient sowohl zur Beleuchtung schwach durchscheinender Gegenstände wie auch zu bestimmten photometrischen Zwecken. Z ist ein Zapfen am Prismengehäuse zur Befestigung des Instrumentes in vertikaler Stellung auf einem Stativ. Ein gleicher Zapfen befindet sich auf der Rückseite des Gehäuses und ist für Arbeiten im künstlichen Licht bestimmt.

Wie aus den angegebenen optischen Daten ersichtlich ist, war bei der Konstruktion das Bestreben maßgebend, Lichtstärke und Dispersion zu steigern, letztere, soweit es möglich war, ohne den Hauptzweck, die Untersuchung schwach durchscheinender Gegenstände, wie dicker Blätter usw., zu beeinträchtigen. Dies ist erreicht, einmal durch das große Öffnungsverhältnis der Objektive, dann aber auch durch den großen Abbeschen Kondensor, der, wenn man zwischen seine halbkuglige Frontlinse und die plane Fläche der Linse des Rohres n_2 die zu untersuchenden Blätter, nötigenfalls unter Verwendung von aus dickerem Staniol zu fertigenden Blenden, bringt, mit direktem Sonnen- oder elektrischem Bogenlicht selbst ganz dicke Nadeln und Blätter so ausreichend durchleuchtet, daß Absorptionsmessungen im an sich schon wenig hellen Braunrot noch mit einer Genauigkeit von 10 Ångströmeinheiten bei $\lambda = 720\,\mu\mu$ ausgeführt werden können. Bei $\lambda = 630\,\mu\mu$ ist die Genauigkeit schon doppelt so groß und steigt bei $\lambda = 470\,\mu\mu$ auf etwa $^1/_2$ Ångströmeinheit.

Für die Güte der Definition dürfte es sprechen, daß man die zwischen den beiden Natriumlinien befindliche Nickellinie bei guter Beleuchtung schon erkennen kann, und die Fraunhofersche Linie E in ihre 3 Komponenten zerlegt wird.

Während bei rein qualitativen Absorptionsmessungen die beiden Nicols ausgeschaltet bleiben, sind sie bei quantitativen Untersuchungen natürlich notwendig, ebenso wird man bei diesen an Stelle des Signales den Spalt Sp_1 bringen müssen, bei dem für meine Untersuchungen eine Breite von 0,1 *mm* ausreichend eng war. Für ganz genaue Messungen müßte allerdings dieser Spalt eine der Krümmung der Spektrallinien entsprechende Gestalt haben, dann wohl auch noch enger sein. Die Savartplatte wird bei photometrischen Arbeiten natürlich ausgeschaltet. Bei ihnen dient zur Bestimmung der Helligkeiten das Gesetz, daß sich die Helligkeiten des durch Nicolsche Prismen durchgelassenen Lichtes wie die Cosinus-Quadrate der Winkel verhalten, den die Schwingungsebenen der Nicols miteinander bilden, oder „die ausgelöschten Helligkeiten verhalten sich wie deren Sinusquadrate“. Da $\sin 90^0 = 1$ ist man ihn also auch beliebig $= 100$ setzen kann, so erhält man auf ganz einfache Weise die Helligkeitswerte nach Prozenten und deren Bruchteile. Die interessanteste Verwendung des Instrumentes ist jedenfalls die Bestimmung von Absorptionen mit Hilfe des Polariskopes. Nach Umow, auf dessen angeführte Arbeit aus dem Jahre 1912 ich hier verweisen muß, kann man hierbei unter Verwendung des zweiten Nicols auch im durchgegangenen Lichte untersuchen; eine Methode, die ich den Blattgrün-

forschern sehr empfehlen möchte, da sie, wie schon erwähnt, allein entscheidet, ob wirklich Absorption vorliegt; der Regel nach wird man aber mit durch Reflexion polarisiertem Licht arbeiten. Es ist selbstverständlich, daß sich mit diesem Instrument nicht die Genauigkeiten erreichen lassen, die Umow mit seinem Spezialinstrument erzielt hat, das war auch nicht Konstruktionsziel, aber für viele Untersuchungen nach der polariskopischen Methode ist es doch vollkommen ausreichend, da diese die rein spektroskopische an Zuverlässigkeit immer noch bedeutend übertrifft.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1912.

(Fortsetzung von Seite 130.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

1. Übersicht der laufenden Arbeiten[1]*.*

Die Prüfungen haben sich auf folgende Gegenstände erstreckt:

I. Thermometer.

1 347 ärztliche Thermometer,
1 049 feine Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
1 996 Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft bis 100°,
20 Insolationsthermometer,
141 Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
110 Beckmannsche Thermometer,
27 Tiefseethermometer,
1 639 hochgradige Thermometer (100° bis 575°),
20 Quarzglas-Quecksilberthermometer, teilweise bis 750°,
54 tiefgradige Thermometer, darunter 27 Pentanthermometer für Temperaturen bis — 190°,

zusammen 6 403 Thermometer.

II. Elektrische und optische Temperaturmesser.

1 045 Thermoelemente,
davon 813 aus Platin-Platinrhodium, 132 Konstantan-Silber, 88 Konstantan-Kupfer, 12 Konstantan-Eisen,
13 Millivoltmeter,
18 Widerstandsthermometer,
15 optische Pyrometer nach Wanner,
3 zugehörige Rauchgläser,
66 Glühlampen } für das Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer,
40 Lichtschwächungen } für das Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer,

zusammen 1 200 Apparate.

III. Druck-Meßinstrumente.

4 Quecksilberbarometer,
34 Aneroidbarometer,
176 Manometer,

---

[1]) Wiebe, Scheel, Moeller, Hoffmann, Disch, Meißner, Hebe.

2 Indikatoren mit je einer Feder,
1 Autoklave,
1 Manometerprobierapparat,

zusammen 218 Druck-Meßinstrumente.

IV. Apparate zur Untersuchung des Erdöls.

75 Petroleumprober,
397 Zähigkeitsmesser,
9 Siedeapparate für Mineralöle,

zusammen 481 Apparate für Erdöle.

V. Sonstiges.

4 Posten (360 Stück) Legierungsringe für Schwartzkopffsche Dampfkessel-Sicherheitsapparate,
1 Posten von 6 Schmelzpfropfen für Blacksche Sicherheitspfeifen,
1 Thermograph,
1 Barograph,
13 Verbrennungskalorimeter (Bestimmung des Wasserwerts auf elektrischem Wege),
2 Kohlenproben auf Heizwert, Wasser- und Aschengehalt,
1 Transformatoröl auf spezifische Wärme,
27 Tiefseethermometer auf 600 bis 900 *at* Druck,

zusammen 50 Prüfungen verschiedener Art.

2. Thermometer.

Von den 6403 Thermometern waren 652 wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig; 40 gingen beschädigt ein, 62 wurden bei der Prüfung beschädigt, so daß im ganzen 754 Thermometer, d. h. 12 Proz. von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen werden mußten.

a) Ärztliche Thermometer[1].

Im verflossenen Jahre wurden nur 1347 ärztliche Thermometer geprüft, darunter 686 gewöhnliche Maximum-, 651 Minutenthermometer und 10 Zeigerthermometer nach Immisch. Die diesbezüglichen Anträge stammten nur zu 5 Prozent aus Thüringen. Den Rest bildeten hauptsächlich Prüfungsanträge von Berliner Firmen und in geringer Zahl von bayerischen Bezirksämtern. Seit der am 1. Mai 1909 eingeführten Neuregelung des Thermometerprüfungswesens ziehen die Thüringer Firmen es mehr und mehr vor, ihre Thermometer nach Ilmenau bzw. nach Gehlberg zur Prüfung zu schicken.

Am 1. Oktober 1912 ist in den Prüfungsbestimmungen für die ärztlichen Thermometer eine Verschärfung hinsichtlich dreier Punkte eingetreten. Danach werden nur noch Thermometer zugelassen, die oben zugeschmolzen sind und deren Kapillarende frei sichtbar ist; ferner dürfen die Unterschiede, welche die Maximumthermometer in der betreffenden Temperatur und nach dem Erkalten zeigen, nicht mehr als 0,10° C betragen. Für die Minutenthermometer wird gefordert, daß sie die Temperatur eines Wasserbades von 41° in längstens 10 Sekunden annehmen. Welche Wirkung diese Verschärfung auf die Prüfungsergebnisse haben wird, läßt sich aus der kurzen Zeit des Bestehens noch nicht mit Sicherheit beurteilen. Es ist anzunehmen, daß sie dazu beitragen wird, daß das Fabrikat mit der Zeit noch verbessert und dadurch auf dem Weltmarkt konkurrenzfähiger wird.

Die von den 3 Prüfungsanstalten ausgeführte Untersuchung der aus Amerika bezogenen ärztlichen Thermometer ist in diesem Jahre abgeschlossen worden.

Dieselbe hat ergeben, daß die amerikanischen Stabthermometer weniger träge sind als die deutschen Einschlußthermometer. Sie sind in hohem Grade luftleer und besitzen eine

[1]) Disch, Hebe.

tadellos funktionierende Maximumvorrichtung. Hingegen ist die Teilung zuweilen mit Fehlern behaftet und läßt an Feinheit häufig zu wünschen übrig. Wegen der Anwendung der prismatischen Kapillaren sind sie für nicht Geübte schwer abzulesen, da der Quecksilberfaden nur bei einer ganz bestimmten Stellung verbreitert erscheint[1]).

Die für die Güte der Vergrößerung maßgebenden Punkte wurden von Dr. Meißner rechnerisch untersucht. (Anhang Nr. 59.)

In diesem Jahre ist auch der Frage nähergetreten worden, wie sich amtlich geprüfte Fieberthermometer nach längerem Gebrauch verhalten. Zu diesem Zweck werden von Zeit zu Zeit von einer hiesigen Krankenanstalt solche Instrumente zur kostenlosen Nachprüfung eingefordert. Bisher hat sich ergeben, daß von 70 Thermometern durch einen Gebrauch von 3 bis 10 Wochen 17 Stück unzulässig geworden sind, d. h. 24% genügten nicht mehr strenge den Forderungen der Prüfungsbestimmungen. Es wird also die Frage erwogen werden müssen, ob nicht nach einer gewissen Zeit eine Nachprüfung gefordert werden muß, eine Einrichtung, wie sie z. B. Rumänien schon lange besitzt. Augenblicklich kann jedoch eine Festlegung der Gültigkeitsdauer der ersten Beglaubigung noch nicht erfolgen. Dies ist erst dann möglich, wenn das diesbezügliche Material reichlicher vorhanden sein wird.

b) Laboratorium- und andere Thermometer[2]).

Die durchschnittliche Zunahme dieser Thermometer beträgt ungefähr 20% und betrifft hauptsächlich Instrumente für meteorologische Zwecke. Besonderen Zeitaufwand erforderte die Prüfung von 10 Hauptnormalthermometern, deren Einzelkorrektionen in 0,001° angegeben wurden. Ferner wurden 230 in 0,01° geteilte Kalorimeter- und 12 Kompensationsthermometer geprüft, bei welch letzteren die Eispunkts-Depression durch den im Gefäß eingeschmolzenen Stift aus Glas 335^{III} bis auf 0,02° kompensiert war.

c) Normalthermometer[3]).

An den Gebrauchsnormalen sind folgende Arbeiten ausgeführt worden. Zwei ältere bis — 35° reichende Thermometer sind einer Kontrollkalibrierung und Gradwertbestimmung unterworfen worden, um daraus eine neue Korrektionstabelle abzuleiten. Wegen daran ausgeführter Reparaturen mußten 2 in $^1/_{50}$° geteilte, von 15 bis 27° reichende Kalorimeterthermometer neu bestimmt werden. 2 in $^1/_{50}$° geteilte Thermometer, welche bis — 11° reichen, wurden ebenfalls neu bestimmt.

Über die Vergleichungen der Quecksilber-Normalthermometer oberhalb 300° mit dem Platin-Widerstandsthermometer vgl. unter *4b*. Die Vergleichungen zwischen 100 und 300° dürften im kommenden Jahre erledigt werden.

d) Neue und alte Thermometergläser[4]).

Die Untersuchung der 6 im vorigen Bericht erwähnten Jenaer Thermometergläser sowie des neu hinzugekommenen 1483^{III} ist weitergeführt worden. Die Arbeiten zur Bestimmung der Reduktionen auf das Gasthermometer sind in Angriff genommen worden. Die im Anschluß an die vorstehenden Untersuchungen angestellten Versuche über den zeitlichen Verlauf der Eispunkts-Depression, welche die aus einigen ausländischen und alten deutschen Glassorten bestehenden Thermometer aufweisen, sind fortgesetzt bzw. beendet worden.

e) Zuschmelzvorrichtung für hochgradige Quecksilberthermometer[5]).

Die hochgradigen Quecksilberthermometer wurden bisher in der Weise mit Stickstoff unter hohem Druck gefüllt, daß nach einem von Schott angegebenen Verfahren in dem oberen Teil der Kapillare mittels Schellack oder einer Metallegierung ein vorläufiger Verschluß hergestellt wurde. Diese Thermometer werden aber meistens nach längerem Gebrauch durch Verschmutzen des Quecksilbers unbrauchbar. Es wurde ein Apparat konstruiert und gebaut, mit dem Thermometer aller Glassorten unter Druck gefüllt und elektrisch zugeschmolzen werden können. Der Apparat gestattet luftfreie, ausgekochte Instrumente, ohne sie vorher an der Luft zu öffnen mit Druck zu füllen und zuzuschmelzen.

---

[1]) Vgl. hierüber Wiebe, *Deutsche Mech.-Ztg. 1911. S. 189.*
[2]) Moeller, Disch.
[3]) Moeller, Disch.
[4]) Wiebe.
[5]) Jahn.

f) Gebührentafel für die Prüfung von Thermometern.

Mit dem 1. Dezember 1912 ist eine Gebührentafel für die Prüfung von Thermometern in Anwendung gekommen, über die bereits Prof. Wiebe auf der letzten Hauptversammlung der Glasinstrumenten-Fabrikanten in Schmiedefeld berichtete. Die Tafeln enthalten außer einer Rabattgewährung für gewisse Thermometertypen nichts wesentlich Neues, sondern sind auf Grund der schon in den Thermometer-Prüfungsbestimmungen angeführten Gebühren zusammengestellt und sollen hauptsächlich den Fabrikanten die Berechnung der Gebühren erleichtern. Von der Rabattgewährung sind die Hauptnormal-, die Siede-, die Kalorimeter-, die Beckmannthermometer, ferner die Quarzglas- und die bis — 200° reichenden Pentanthermometer, endlich die Thermometer für häusliche, gewerbliche und ärztliche Zwecke ausgeschlossen.

3. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt[1]).

Im Laufe des Jahres 1912 wurden in Ilmenau 85 500 ärztliche und 4000 Thermometer für meteorologische, häusliche Zwecke bzw. Laboratoriums- und Fabrikthermometer geprüft. In Gehlberg wurden im gleichen Zeitraum 23 394 ärztliche Thermometer geprüft; das sind im ganzen in Ilmenau rund 10000, in Gehlberg rund 1500 Stück mehr als im Vorjahre.

4. Elektrische und optische Temperaturmessung.

a) Thermoelemente[2]).

Es wurden geprüft:

813 Thermoelemente aus Platin-Platinrhodium,
132 „ „ Konstantan-Silber,
88 „ „ „ -Kupfer,
12 „ „ „ -Eisen,
13 dazugehörige Millivoltmeter.

Von den Konstantan-Eisen-Elementen sind 3 Stück bis 800° oder 900° geprüft worden. Diese Elemente bestanden aus einem starken Stahlrohr mit isoliert hindurchgeführtem und an einem Ende metallisch mit dem Rohr verbundenem Konstantandraht. Trotz der starken Oxydation, der der Stahl in Temperaturen über 600° unterliegt, scheint doch die Brauchbarkeit der Elemente nicht ernstlich gefährdet zu sein; indessen liegen noch nicht genügend Erfahrungen vor, um die Haltbarkeit und Konstanz bei längerer Erhitzungsdauer beurteilen zu können. Es werden deshalb vorläufig auch nur die Prüfungsergebnisse bis 600° im Prüfungsschein und die Werte für die höheren Temperaturen unverbindlich mitgeteilt, doch ist beabsichtigt, eine Reihe von Elementen aus unedlen Metallen, wie sie in der Technik gebraucht werden, auf ihre Verwendbarkeit in hohen Temperaturen zu untersuchen.

b) Widerstandsthermometer[3]).

Es wurden im ganzen 14 Widerstandsthermometer geprüft, von denen 11 Platin und 3 Nickel als Widerstandsmaterial besaßen. Von den Platinthermometern hatten zehn einen in Quarzglas eingeschmolzenen Draht. Ferner wurde von vier Platindrahtproben die Änderung des Widerstandes mit der Temperatur bestimmt.

In eingehender Weise wurde der Schwefelsiedepunkt daraufhin untersucht, wieweit seine Konstanz von der Versuchsanordnung, insbesondere der Art der Schutzhülle, abhängig ist, mit der die Widerstandsspule umgeben sein muß. Es wurde festgestellt, daß die Anbringung eines Tellers einige Zentimeter unterhalb der Schutzhülle nicht erforderlich ist, falls Überhitzung des Schwefeldampfes genügend vermieden wird und die Enden der Widerstandsspule von den Ein- und Ausströmungsöffnungen der 3 *cm* weiten Schutzhülle wenigstens 1,5 *cm* entfernt sind. Unabhängig davon, ob ein Teller verwendet wird oder nicht, haben Platinthermometer mit gläsernen Umhüllungsrohren im Innern einer Schutzhülle aus Aluminium eine um etwa 0,2° C tiefere Anzeige als im Innern einer Schutzhülle aus Eisen oder Asbest. Die Abweichung verschwindet, wenn man das Reflexionsvermögen der Innenfläche der Aluminiumschutzhülle herabsetzt, indem man die Hülle innen schwärzt oder mit dünnem Asbestpapier auskleidet. Die Differenz verschwindet ferner auch bei blanker Schutzhülle,

[1]) Grützmacher.
[2]) Hoffmann, Meißner.
[3]) Hoffmann, Meißner.

wenn auf den unteren, die Widerstandsspule enthaltenden Teil des gläsernen Umhüllungsrohres des Platinthermometers ein dünnwandiges, enganliegendes Eisenröhrchen geschoben wird, so daß der Widerstandsdraht nicht durch das gläserne Umhüllungsrohr hindurch im Strahlungsaustausch mit der blanken Schutzhülle steht, sondern im Strahlungsaustausch mit dem Eisenröhrchen, das sich direkt im Schwefeldampf befindet und daher trotz der ungünstigen Aluminiumschutzhülle die Temperatur des Schwefeldampfes genügend genau annimmt. Der Verwendung von Schutzhüllen aus Aluminium oder anderen gut reflektierenden Substanzen stehen hiernach insbesondere bei Platinthermometern mit gläsernen Umhüllungsrohren Bedenken entgegen, sofern die Schutzhüllen nicht innen geschwärzt oder mit Asbest ausgekleidet werden. Da die Wirksamkeit aller Schutzhüllen, wie durch einen besonderen Versuch festgestellt wurde, nur zum geringsten Teil auf dem Auffangen des herabrinnenden kondensierten Schwefels, vielmehr zum größten Teil, wenn nicht sogar vollständig, auf der Verhinderung der Ausstrahlung beruht, so dürfte es möglich sein, einen Schwefelsiedeapparat mit doppelter, innen mit Asbest ausgekleideter Wandung nach Art der Rudbergschen Sieteröhre unter Fortfall der Schutzhülle auf dem Thermometer zu konstruieren. Ein solcher Apparat würde die Prüfung einer größeren Zahl von Thermometern wesentlich erleichtern. Die Einzelheiten über die Versuche mit den verschiedenen Schutzhüllen sind aus der ausführlichen Veröffentlichung (Anhang Nr. 58) zu ersehen, in der auch einige Verbesserungen beschrieben sind, die an dem von Rothe konstruierten, elektrisch heizbaren Schwefelsiedeofen angebracht wurden.

Über die Vergleichung von hochgradigen, fundamental bestimmbaren Quecksilberthermometern aus Jenaer Glas 59^{III} und Jenaer Verbrennungsröhrenglas mit dem Widerstandsthermometer[1]), die schon früher abgeschlossen wurde, ist eine ausführliche Veröffentlichung erschienen (Anhang Nr. 60). Aus der durch die Untersuchung gewonnenen relativen Ausdehnung des Quecksilbers in Glas 59^{III} wurde weiter die absolute Ausdehnung des Quecksilbers in Temperaturen zwischen 300 und 550° C unter Benutzung der von Grüneisen bestimmten Ausdehnung des Glases 59^{III} und unter Berücksichtigung der Dehnung des Glases unter der Einwirkung des inneren Druckes ermittelt. Die Veröffentlichung der gewonnenen Resultate ist in Vorbereitung.

c) Optische Pyrometer[2]).

Es wurden geprüft: 15 Wanner-Pyrometer mit 3 Rauchgläsern, 66 Glühlampen und 41 Prismenlichtschwächungen für das Holborn-Kurlbaum-Pyrometer.

Die Beobachtungen über das Helligkeitsverhältnis der Strahlungen beim Palladium- und Goldschmelzpunkt sind fortgesetzt und zum vorläufigen Abschluß gebracht worden. Dabei wurde bei beiden Schmelzpunkten in der im vorigen Bericht näher beschriebenen Weise die Strahlung, die aus einem in das schmelzende Metall eintauchenden Hohlraum austritt, spektralphotometrisch gemessen. Die Methode, die, wie im Vorjahre berichtet ist, mit Kupfer ausprobiert wurde, bewährte sich beim Goldschmelzpunkte aufs beste, bot jedoch beim Palladium einige Schwierigkeiten dar. Als Material für den Tiegel und den eintauchenden Hohlkörper konnte zwar noch Marquardtsche Masse verwendet werden; es mußte jedoch die Wandung des Tiegels von 3 *mm* auf 5 *mm* verstärkt und der zylindrische Hohlkörper, der eingedrückt wurde, durch einen nahezu kugelförmigen ersetzt werden. Magnesiatiegel der Kgl. Porzellanmanufaktur ließen sich nicht verwenden, da das Palladium die Tiegel unter Bildung einer braunen Substanz angreift. Die Einstellung der Schmelztemperatur ließ sich nicht mit derselben Schärfe wie bei Kupfer und Gold ausführen. Während bei jenen Metallen bei steigender wie bei sinkender Temperatur eine recht scharf ausgeprägte Konstanz eintritt, zeigt beim Palladium die Temperatur auch während des Erstarrens und Schmelzens noch einen merklichen Gang. Dazu treten beim Erstarren heftige Temperaturschwankungen auf, die von einem offenbar durch Gasabgabe hervorgerufenen Spratzen des Metalls begleitet sind. Es wurde deshalb ein dauernder Strom reinen Stick-

[1]) Moeller, Hoffmann, Meißner.

[2]) Hoffmann, Meißner.

stoffs an zwei Stellen in den Ofen geleitet, der diese Störungen erheblich verminderte, ohne sie jedoch gänzlich beseitigen zu können. Ferner ergaben sich für den Erstarrungspunkt stets etwas niedrigere Werte als für den Schmelzpunkt, und endlich änderte sich die Angabe des Thermoelementes während einer Beobachtungsreihe, offenbar infolge Veränderung seiner Schenkel, so daß die nach den optischen Beobachtungen gefundenen Schmelz- und Erstarrungspunkte stets etwas niedriger lagen als die vorher gemessenen. Um einen Vergleich der im Tiegel beobachteten Schmelzpunkte mit denen nach der Drahtmethode ermittelten zu erhalten, sind besondere Beobachtungen darüber angestellt worden, welcher Punkt auf der beim Schmelzen im Tiegel gewonnenen Temperaturkurve dem Durchschmelzen des Drahts entspricht. Zu dem Zwecke wurde in ein unten geschlossenes, in das erstarrte Palladium tauchendes Rohr ein Thermoelement mit einem Stück Palladium zwischen seinen Schenkeln eingeführt und das Durchschmelzen des Drahtes beobachtet, während gleichzeitig die Temperaturänderung des schmelzenden Palladiums an einem zweiten Element verfolgt wurde. Während der optischen Beobachtungen wurde dann die Temperatur bei der entsprechenden Stelle der Schmelzkurve konstant erhalten.

Die Messungen selbst erfolgten in der Weise, daß die Helligkeiten der Hohlkörper im Gold und Palladium nacheinander mit der Helligkeit eines auf der Temperatur des Goldschmelzpunktes gehaltenen Lummerschen schwarzen Körpers verglichen wurden. Außer nach dieser indirekten Methode, bei der der Lummersche Körper zum Vergleich gebraucht wurde, ist aber auch noch so gemessen worden, daß die Helligkeiten der in Gold und Palladium tauchenden schwarzen Körper unmittelbar miteinander verglichen wurden. Die Beobachtungen, die in drei Spektralgebieten (rot, gelb und grün) ausgeführt wurden, ergaben bei Reduktion auf die Wellenlänge 656,3 $\mu\mu$ folgende Werte:

nach der indirekten Methode	81,4
„ „ direkten Methode	81,6
im Mittel:	81,5

Dieser Wert ist um etwa 1,2 % höher als der im vorigen Tätigkeitsbericht mitgeteilte (80,5), der aus Beobachtungen an einem nach dem Lummerschen Prinzip konstruierten, jedoch mit herausnehmbaren Trommeln versehenen schwarzen Körper gewonnen war. Der Unterschied ist vermutlich auf die in beiden Fällen etwas verschiedene Art der Festlegung des Schmelzpunktes zurückzuführen. Im übrigen muß berücksichtigt werden, daß schon durch einen Fehler von etwa 0,5° beim Gold- und 1° beim Palladium-Schmelzpunkt die ganze Abweichung erklärt werden kann. Mit dem Wert 81,5 für das Helligkeitsverhältnis ergibt sich unter Zugrundelegung der Day-Sosmanschen Werte für den Gold- und Palladiumschmelzpunkt (1062,4° und 1549,2°) die Exponentialkonstante des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes zu 14440 gegenüber dem Wert 14400 mit dem Wert 80,5 des Helligkeitsverhältnisses. Durch Reduktion der Day-Sosmanschen Schmelzpunktstemperaturen auf die thermodynamische Temperaturskale werden die angegebenen Werte der Exponentialkonstanten, die auf 5 Einheiten abgerundet sind, nicht beeinflußt.

5. Druckmeßapparate[1].

Von Druckmeßapparaten wurden im Jahre 1912 geprüft:

156	Manometer für Drucke		bis 20 kg/qcm,
16	„ „ „	von 20	„ 500 „ ,
1	„ „ „		„ 100 „ ,
1	Autoklav „ „		„ 45 „ ,
2	Indikatoren mit je 1 Feder,		
3	Federvakuummeter,		
34	Aneroidbarometer,		
1	Barograph,		
4	Quecksilberbarometer.		

[1]) Wiebe, (Scheel), Meißner, Hebe.

Von den zuerst aufgeführten Manometern wurden 142, die zur Kontrolle von Bierdruckapparaten bestimmt waren, nur an einem Punkt geprüft. Von den Aneroidbarometern wurden 2 bei gewöhnlichem Luftdruck, die übrigen 32 auch in niedrigen Drucken zum Gebrauch als Höhenmesser geeicht.

Im Berichtsjahre wurden Prüfungsbestimmungen für Barometer, Manometer und Indikatoren ausgearbeitet und Abdrucke dieses Entwurfs einigen Instituten, Firmen, Vereinen und Personen zur Äußerung übersandt. Da die hieran anknüpfenden Verhandlungen noch nicht völlig zum Abschluß gekommen sind, muß die Veröffentlichung der Prüfungsbestimmungen, die ursprünglich am 1. Januar 1913 in Kraft treten sollten, noch hinausgeschoben werden.

6. Schmelztemperatur von Cristobalit[1]).

Im Anschluß an Versuche, die die Herren K. Endell und R. Riecke in der Kgl. Porzellanmanufaktur ausgeführt haben, wurde die Schmelztemperatur des Cristobalits neu bestimmt. Der Cristobalit ist eine Modifikation der Kieselsäure, die sich beim Erhitzen des Quarzes oberhalb 1000° bildet und die nach Day und Sosman bei etwa 1600° schmilzt. Es zeigte sich jedoch, daß Proben der Substanz beim Erhitzen im Iridiumofen bei 1600° noch unverändert bleiben, während sie bei 1700° zu einem völlig klaren Glase schmolzen. Durch Einengen dieser Grenzen ließ sich der Schmelzpunkt zu etwa 1685° ermitteln, wobei der Fehler der Temperaturmessung mit einem durch die Schmelzpunkte des Goldes, Palladiums und Platins geeichten Thermoelemente aus Iridium-Iridiumruthenium $\pm$ 10° nicht überschreiten wird[2]).

7. Apparate zur Untersuchung der Erdöle[3]).

Im Berichtsjahr wurden geprüft:

75 Petroleumprober,
397 Zähigkeitsmesser,
9 Siedeapparate.

Unter den Zähigkeitsmessern waren 147 Stück mit Änderungen von Ubbelohde, 2 vierfache Apparate, 3 zweifache und 12 für höhere Temperaturen.

Ein bedeutender Arbeitsaufwand war wiederum für die im Interesse der Internationalen Petroleumkommission anzustellenden Versuche erforderlich.

Bezüglich des Entflammungspunktes von Leuchtölgemischen wurde festgestellt, daß der Unterschied, den der englische Abel-Prober und der deutsche Abel-Pensky-Apparat ergeben, bei Verwendung von Leuchtölgemischen dieselbe Größe hat wie bei Verwendung von einheitlicheren Leuchtölen (Anhang Nr. 74).

Auf der Wiener Sitzung der Internationalen Petroleumkommission im Januar 1912 war der Abel-Pensky-Apparat für die Bestimmung der unterhalb 50° C liegenden Entflammungspunkte von Leuchtölen angenommen worden, während die Vorschriften für die Bestimmung von höher liegenden Entflammungspunkten erst nach weiteren Versuchen festgesetzt werden sollten. Die diesbezüglichen Versuche ergaben, daß der Abel-Pensky-Apparat bis mindestens 104° C brauchbar ist, wenn der Mantel des Heizbades aus hartgelötetem Material hergestellt und zur Füllung Palmin benutzt wird. Die Angaben des Abel-Pensky-Apparates stimmen bis 104° mit denen des Pensky-Martensschen Flammpunktprobers überein.

Bezüglich der Siedeapparate lag ein Beschluß der Internationalen Petroleumkommission vor, daß der gläserne Englerkolben unter Berücksichtigung der Fadenkorrektion für das Quecksilberthermometer benutzt werden sollte. Die Größe derselben wurde daher bestimmt, und zwar sowohl für den gläsernen wie für den metallenen Siedeapparat. Die Differenzen, die sich früher hinsichtlich der Destillatmengen zwischen den beiden Apparattypen ergeben hatten, verschwinden auch bei Anbringung der Fadenkorrektion nicht völlig: Bei Destillation bis 300° C ergeben zwar beide Apparate dieselbe Destillatmenge, bis 150° aber gibt der Metallapparat beträchtlich geringere Destillatmengen als der Glasapparat (Anhang Nr. 94).

[1]) Hoffmann.

[2]) K. Endell und R. Riecke, Über die Umwandlungen des Kieselsäureanhydrids bei höheren Temperaturen. *Zeitschr. f. anorg. Chem.* **62.** *S. 239—259. 1912.*

[3]) Wiebe, (Scheel), Meißner, Hebe.

Das Ergebnis der beiden letzten Untersuchungen legte Wiebe der Sitzung der Internationalen Petroleumkommission vor, die im Anschluß an den 8. Kongreß für angewandte Chemie im September 1912 in New York stattfand. Für den Kongreß selbst, an dem er als Vertreter der Reichsanstalt teilnahm, hatte Wiebe außer einem Vortrag über die obere Brauchbarkeitsgrenze des Abel-Pensky-Apparats einen Vortrag über die Prüfung von Laboratoriumthermometern ausgearbeitet. Mitten in der Tätigkeit für die Internationale Petroleumkommission wurde Wiebe vom Tode ereilt. Seines Wirkens und Schaffens, insbesondere seiner Tätigkeit für die Internationale Petroleumkommission, ist in einem Nachruf gedacht worden (Anhang Nr. 83).

Nach dem Ausfall der Versuche über die Destillation mit dem Glas- und Metallapparat erschien es möglich, daß es bei der fraktionierten Destillation günstiger sein könnte, die Flüssigkeitstemperatur anzugeben als die am Entbindungsrohr im Dampfraum herrschende Temperatur. Ferner war der Grund für die Unterschiede in den Destillatmengen, die mit dem Glas- und Metallapparat erhalten werden, noch nicht völlig aufgeklärt. Deshalb wurden Versuche in Angriff genommen und zum Teil beendet, bei denen die Temperatur in der Flüssigkeit und an verschiedenen Stellen des Dampfraumes für den Metall- und den Glasapparat festgestellt wurde.

Schließlich wurden drei Redwoodsche Zähigkeitsmesser, die vom *National Physical Laboratory* leihweise zur Verfügung gestellt worden sind, eingehend mit dem Englerschen Zähigkeitsmesser verglichen. Die Vergleichung wurde nicht nur bei einer Flüssigkeitstemperatur von 20°, sondern auch bei 50° vorgenommen, da wegen der nicht genügend gleichmäßigen Temperatur der verschiedenen Apparatteile sich im letzteren Fall möglicherweise bei der Vergleichung andere Resultate ergeben können als im ersteren Fall. Bei beiden Temperaturen wurde eine größere Zahl von Flüssigkeiten mit verschiedenen Zähigkeiten verwendet. Die Ergebnisse der Untersuchung, deren experimenteller Teil abgeschlossen ist, werden demnächst veröffentlicht werden.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[1].

Nachstehende Tabelle enthält die im Jahre 1912 ausgeführten photometrischen Prüfungen:

67 beglaubigte Hefnerlampen, davon
- 5 mit Visier,
- 32 mit optischem Flammenmesser,
- 21 mit Visier und optischem Flammenmesser,
- 1 mit Visier und Ersatzdochtrohr,
- 1 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
- 7 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;

164 Kohlefadenlampen als Normallampen für photometrische Zwecke;

374 Metallfadenlampen, davon
- 4 Lampen besonderer Konstruktion,
- 184 Normallampen für photometrische Zwecke,
- 186 Lampen in Dauerprüfung mit im ganzen 132060 Brennstunden;

2 elektrische Grubenlampen;

29 Gasglühlichtapparate mit stehendem Glühkörper in Dauerprüfung mit im ganzen 15600 Brennstunden;

2 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion für stehendes Gasglühlicht;

2 Zwischenstücke für stehendes und hängendes Gasglühlicht in Dauerprüfung mit im ganzen 600 Brennstunden;

1 Preßgaslampe mit 2 Glocken;

1 Spiritusglühlichtlampe;

6 Holophanglocken für Metallfadenlampen.

Die Zahl der Prüfungen hat im Vergleich zum Vorjahre abgenommen; jedoch war ein Teil besonders zeitraubend.

[1]) Brodhun, Liebenthal, Faßbender.

Kohlefadenlampen sind im Berichtsjahre nicht in Dauerprüfung genommen worden, sondern nur Metallfadenlampen, und zwar fast ausschließlich solche mit gezogenen Glühfäden (Drahtlampen). Die Ökonomie war etwa die gleiche wie bei den älteren Lampen.

Unter den Metallfadenlampen waren vier von besonderer Konstruktion, die auf ihre räumliche Lichtverteilung untersucht werden mußten. Bei ihnen waren die Glühfäden nicht wie bei den gewöhnlichen Lampen nahezu parallel der Lampenachse, sondern in einer bzw. zwei zur Lampenachse senkrechten Ebenen angeordnet.

Von den Gasglühlichtapparaten mit stehendem Glühkörper gehörten 24 zu ein und derselben Prüfung, und zwar bestanden die Glühkörper aus 12 verschiedenen Sorten, die bei einem Konsum von 100 bis 110 *l* in eine Dauerprüfung bis zu 500 Stunden genommen werden sollten. Der stündliche Gasverbrauch auf 1 HK mittlere horizontale Lichtstärke betrug im günstigsten Falle zu Anfang 1,2 *l*, am Ende 1,3 *l*, im ungünstigsten Falle 1,8 und 2,2 *l*. Nach 500 Brennstunden waren noch 23 Glühkörper für Beleuchtungszwecke brauchbar.

Bei den untersuchten Gasglühlichtbrennern besonderer Konstruktion strömte das Gasluftgemisch nicht wie bei den gewöhnlichen Brennern durch ein Sieb nach oben, sondern durch ein siebartig durchbohrtes Rohr seitlich aus. Die zugehörigen Zylinder waren an geeigneten Stellen mit Einschnürungen versehen.

Der Preßgaslampe waren 2 gleichgroße Glocken beigegeben, die in ihrem unteren Teile eine kreisrunde Öffnung von 4 bzw. 7,5 *cm* Durchmesser besaßen. Der Glockenring ist ebenfalls mit Lufteinströmungsöffnungen versehen. Durch die Prüfung sollte der Einfluß der durch die genannten Öffnungen einströmenden Verbrennungsluft auf die Lichtstärke festgestellt werden. Wegen der beträchtlichen Schwankungen der Lichtstärke der Glühkörper mit der Zeit mußten die Messungen häufig wiederholt werden.

Die beiden Zwischenstücke für Gasglühlicht enthalten im Innern ein kleines Signalinstrument, welches einen Ton erzeugt, sobald der Konsum einen gewissen Betrag überschritten hat. Sie zeigten sich für stehendes Gasglühlicht etwas empfindlicher als für hängendes.

Bei der Prüfung der 6 Holophanglocken wurde die räumliche Lichtverteilung und die Beleuchtung einer 1,6 *m* unterhalb der Lampe befindlichen Horizontalebene für Ausstrahlungswinkel von 0°, 10°, 20° usf. bestimmt.

2. Leuchtmittel-Steuergesetz[1]). Von der Reichsanstalt wurden im Berichtsjahre für Steuerbehörden 160 Metallfadenlampen, 48 Kohlefadenlampen und 21 Kohlenstifte untersucht. Auch die elektrischen Prüfämter haben nach dem von ihnen im Mai eingesandten Bericht in dem voraufgehenden Jahre keine große Anzahl von Leuchtmittelprüfungen ausgeführt (Ilmenau 71 Lampen, Hamburg 42, München 41, Nürnberg 36, Chemnitz 64 Lampen und 5 Kohlenstifte, Frankfurt a. M. keine, Bremen 63 Lampen und 2 Kohlenstifte).

3. Lichtnormalien[2]). Von dem *National Physical Laboratory* in Teddington wurden 12 Metallfadenlampen eingesandt, die für internationale Vergleiche bestimmt sind. Sie wurden in vorgeschriebener Ausstrahlungsrichtung gemessen, und zwar bei zwei Spannungen, einmal bei normaler Spannung, und zweitens bei einer so niedrigen Spannung, daß sie mit der Farbe normal glühender Kohlefadenlampen leuchteten. Unter Zugrundelegung des Umrechnungswertes 1 engl. Kerze = 1,11 HK ergab sich zwischen den Messungen des *National Physical Laboratory* und denen der Reichsanstalt für die niedrigere Spannung eine durchschnittliche Übereinstimmung bis auf 0,2 %, für die höhere eine Übereinstimmung bis auf 0,4 %. Leider waren bei den Lampen die Glühfäden wie bei den gewöhnlichen Metallfadenlampen rund um die Lampenachse herum angeordnet. Die Zuverlässigkeit der Messungen wäre größer gewesen, wenn die Fäden in einer Ebene gelegen hätten.

Auf Wunsch des *National Physical Laboratory* sind die Lampen an das *Laboratoire Central* in Paris weitergesandt worden.

---

[1]) Brodhun, Liebenthal.

[2]) Brodhun, Liebenthal.

Die Licht-Normalien-Kommission des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ist im verflossenen Jahre nur einmal (am 4. Mai) zusammengetreten. Die Lichtmeßkommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern hat 2 Sitzungen in Berlin abgehalten (am 29. März und am 2. November). In beiden wurde über die internationalen photometrischen Bestrebungen, in der zweiten außerdem über die neue Beleuchtungstechnische Gesellschaft verhandelt.

4. Prüfung von Quarzplatten [1].

Während des Jahres 1912 wurden 14 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt. Hiervon waren 3 Quarzplatten wegen nicht genügender optischer Reinheit für saccharimetrische Zwecke nicht geeignet.

Von den Saccharimeter-Quarzplatten erhalten einen Prüfungsschein nur solche, bei denen der Achsenfehler, d. i. der Winkel, welchen die optische Achse mit der Plattennormale bildet, unter 12′ bleibt. In diesem Falle ergeben sich nämlich beim Drehen der Platte in ihrer Ebene, sowie beim Neigen der Platte um etwa 20′ keine merklichen Änderungen des Drehungswinkels α der Polarisationsebene, falls die Halbschattenvorrichtung des Apparats linear polarisiertes Licht entläßt, wie z. B. der Lippichsche Polarisator. Anders wird dies aber, wenn die Halbschattenvorrichtung, wie z. B. die Laurent-Platte, das Lummer-Prisma usw., schon merklich elliptisch polarisiertes Licht liefert. Dann können, wie eingehende Versuche gezeigt haben, beim Drehen der Quarzplatte leicht merkliche Änderungen in α auftreten. So variierte z. B., als die Messung mit einer nur wenig unrichtig geschliffenen Laurent-Platte erfolgte, für eine Quarzplatte von nur 5′ Achsenfehler der Drehungswinkel α um 0,1 % beim Drehen der Platte in ihrer Ebene. Schon aus diesem Grunde sollten daher die noch in manchen Ländern gebräuchlichen Laurentschen Saccharimeter nicht mehr in der Zuckertechnik zur Verwendung gelangen.

5. Zuckerrefraktometer [2].

Wie im vorigen Tätigkeitsberichte mitgeteilt, ist in der Reichsanstalt ein besonderes Refraktometer zur Ermittlung der scheinbaren Trockensubstanz von Zuckerfabrik-Produkten berechnet worden. Ein nach diesen Angaben von der Firma Carl Zeiss in Jena gebautes Proberefraktometer wurde der Reichsanstalt zur Verfügung gestellt. Versuche mit diesem wurden sowohl hier wie auch in dem Berliner Institut für Zucker-Industrie des Vereins der Deutschen Zucker-Industrie ausgeführt und fielen völlig befriedigend aus (*Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind.* **62.** *Techn. Teil S. 1024. 1912*). Unter anderem ergab sich, daß selbst dunkle Lösungen, wie z. B. gewöhnliche Melasse, direkt ohne Verdünnung noch hinreichend genau mit dem Apparat untersucht werden konnten. Die Firma Zeiss hat nunmehr die Herstellung solcher Zuckerrefraktometer beschlossen; die ersten sollen in kurzem fertiggestellt sein.

6. Lichtbrechung von Flußspat und Quarz [3].

Ein zu Strahlungsmessungen in Abteilung I dienendes Quarzprisma von etwa 26° brechendem Winkel und 49×49 mm^2 großen Flächen wurde auf Ebenheit der beiden brechenden Flächen, Brechungsvermögen und Lage der optischen Achse des Quarzes untersucht. Für dieses Prisma ergaben sich bei 20,0° die folgenden Brechungsexponenten für die Mitte der beiden D-Linien gegen trockene Luft von 20,0° und 760 *mm* Druck:

senkrecht zur optischen Achse

$$\omega = 1{,}544\,220 \qquad \text{und} \qquad \varepsilon = 1{,}553\,326,$$

in Richtung der optischen Achse

$$n_0 = 1{,}544\,185 \qquad \text{und} \qquad n_e = 1{,}544\,256,$$

mit einer Genauigkeit von ± 5 Einheiten der sechsten Dezimale. Im Anschluß daran wurde für dieses Prisma, sowie das früher untersuchte 60°-Quarzprisma der genaue Strahlengang für die ultrarote Wellenlänge 2,172 μ in einem speziellen Falle berechnet.

Für die Aufgabe, die Brechung von Flußspat für ultrarote Strahlen zu messen, blieb in dem Berichtsjahre nur verhältnismäßig wenig Zeit übrig. In der Hauptsache wurden Konstruktionszeichnungen für noch fehlende Apparate angefertigt; diese sind größtenteils in der Werkstatt der Reichsanstalt hergestellt worden und vor kurzem zur Ablieferung gekommen.

[1] Schönrock.
[2] Schönrock.
[3] Schönrock.

7. Neues Präzisions-Spektrometer[1]).

Wie im vorigen Tätigkeitsberichte erwähnt, ist nach den Angaben der Reichsanstalt von der Firma Hermann Wanschaff in Berlin ein großes Spektrometer gebaut worden. Seine genauere Untersuchung und feinere Justierung erforderte einen erheblichen Zeitaufwand. Ein erfreuliches Resultat ergab die Prüfung des Teilkreises, welcher 5-Minuten-Teilung und einen Durchmesser von 27 *cm* besitzt. Die Güte der Kreisteilung kommt derjenigen der bisher erreichten besten Teilungen gleich; so beträgt der mittlere totale (regelmäßige plus unregelmäßige) Teilungsfehler in einer einfachen Winkelbeobachtung 0,76″, der mittlere unregelmäßige Teilungsfehler in einer einfachen Winkelbeobachtung nur etwa 0,25″.

8. Dioptrische Prüfungen[2]).

Die dioptrischen Prüfungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Anzahl	Gegenstand und Art der Prüfung
2	Glassorten auf ihr Lichtbrechungsvermögen für Natriumlicht;
2	photographische Objektive auf die Krümmungsradien der Flächen und das Lichtbrechungsvermögen der einzelnen Linsen für mehrere Wellenlängen;
1	gleichseitiges Glasprisma auf Ebenheit der beiden brechenden Flächen und Homogenität der Glassubstanz;
1	Bauernfeindsches Prisma auf Rechtwinkligkeit des abgesteckten Winkels;
1	Flußspatplatte auf Ebenheit und Parallelismus der Flächen, sowie auf Spannung;
3	Brillengläser auf ihre Brennweiten;
5	Kystoskope auf Größe der Ein- und Austrittspupille, sowie des Gesichtsfeldes.

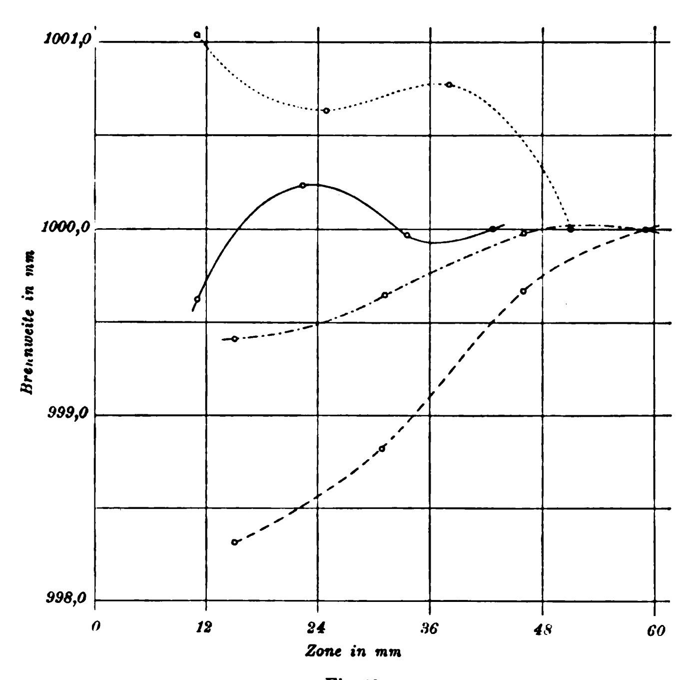


Fig. 10.
Sphärische Aberration, umgerechnet für eine abs. Brennweite von 1000 *mm*.

·············· Spektrometerobjektiv v. 49 *mm* Öffnung u. 447 *mm* Brennweite.
———— Spektrometerobjektiv v. 44 *mm* Öffnung u. 446 *mm* Brennweite.
—·—·—·— für $\lambda = 578\ \mu\mu$ } Achromat eines Ablesefernrohrs v. 41 *mm* Öffnung u. 324 *mm* Brennweite.
— — — — — für $\lambda = 486\ \mu\mu$ }

Bei der Prüfung des Bauernfeindschen symmetrischen dreiseitigen Winkelprismas für geodätische Zwecke zum Abstecken rechter Winkel auf Rechtwinkligkeit des abgesteckten Winkels *D* war auch theoretisch näher darauf einzugehen, inwieweit sich dieser bei nicht vollkommener Ebenheit der Flächen mit dem benutzten Teile des austretenden Strahlenkomplexes ändert. Es ergab sich, daß an die Ebenheit der Flächen sehr hohe Anforderungen zu stellen sind, wenn die mit solchen Instrumenten bei freiem Auge erreichbare Genauigkeit von 1′ sicher erzielt werden soll. Bei dem untersuchten Prisma z. B. war selbst die schlechteste Fläche, die eine der beiden Kathetenflächen, noch verhältnismäßig gut eben, da ihr Krümmungsradius schon etwa 0,2 *km* betrug; trotzdem kann, wenn an ihr die innere Reflexion stattfindet, die Änderung von *D* bereits bis zu etwa ± 1,0′ betragen.

[1]) Brodhun, Schönrock.
[2]) Brodhun, Schönrock, Faßbender.

9. Objektivuntersuchungen[1]).

Der Hartmannsche Objektivprüfungsapparat wurde zur Untersuchung von Fernrohrobjektiven in Benutzung genommen. Seither wurden mit diesem Apparat 4 Spektrometerobjektive, und zwar 2 Achromate von ca. 49 *mm* Öffnung und 447 *mm* Brennweite und 2 Achromate von ca. 44 *mm* Öffnung und 446 *mm* Brennweite, ferner der Achromat eines Ablesefernrohrs von 41 *mm* Öffnung und 324 *mm* Brennweite untersucht. Zu den definitiven Messungen wurde nicht die Umkehrmethode verwandt, sondern es wurde in den Brennpunkt des als Kollimator dienenden Normalobjektivs die durch einen Monochromator beleuchtete Blende gebracht, während sich die photographische Platte zur Aufnahme der Hartmannschen Bilder intra- und extrafokal zum Brennpunkt des zu untersuchenden Objektivs befand. Die günstigeren Abbildungsverhältnisse dieser Methode dürften den Vorteil der größeren theoretischen Genauigkeit der Umkehrmethode ausgleichen. Bei sämtlichen Objektiven wurden die sphärischen und chromatischen Aberrationen der Vereinigungspunkte untersucht. Der Einfluß des Astigmatismus auf der Achse wurde dadurch eliminiert, daß die auf 2 senkrecht zueinander stehenden Durchmessern gemessenen Aberrationen gemittelt wurden. Die erhaltenen Werte sind auf eine Brennweite von 1000 *mm* für die Randzone und für Licht von der Wellenlänge 578 $\mu\mu$ bei gleichem Öffnungsverhältnis der Objektive umgerechnet und in den nebenstehenden Tabellen 5—7 zusammengestellt. In den Figuren 10 und 11 sind die Kurven der sphärischen bzw. chromatischen Aberration der verschiedenen Objektive dargestellt, wobei der besseren Übersicht wegen von jedem Objektivtypus nur ein Objektiv aufgenommen ist. Für das Normalobjektiv, ein Apochromat von 90 *mm* Öffnung und 1411 *mm* Brennweite, sind die chro-

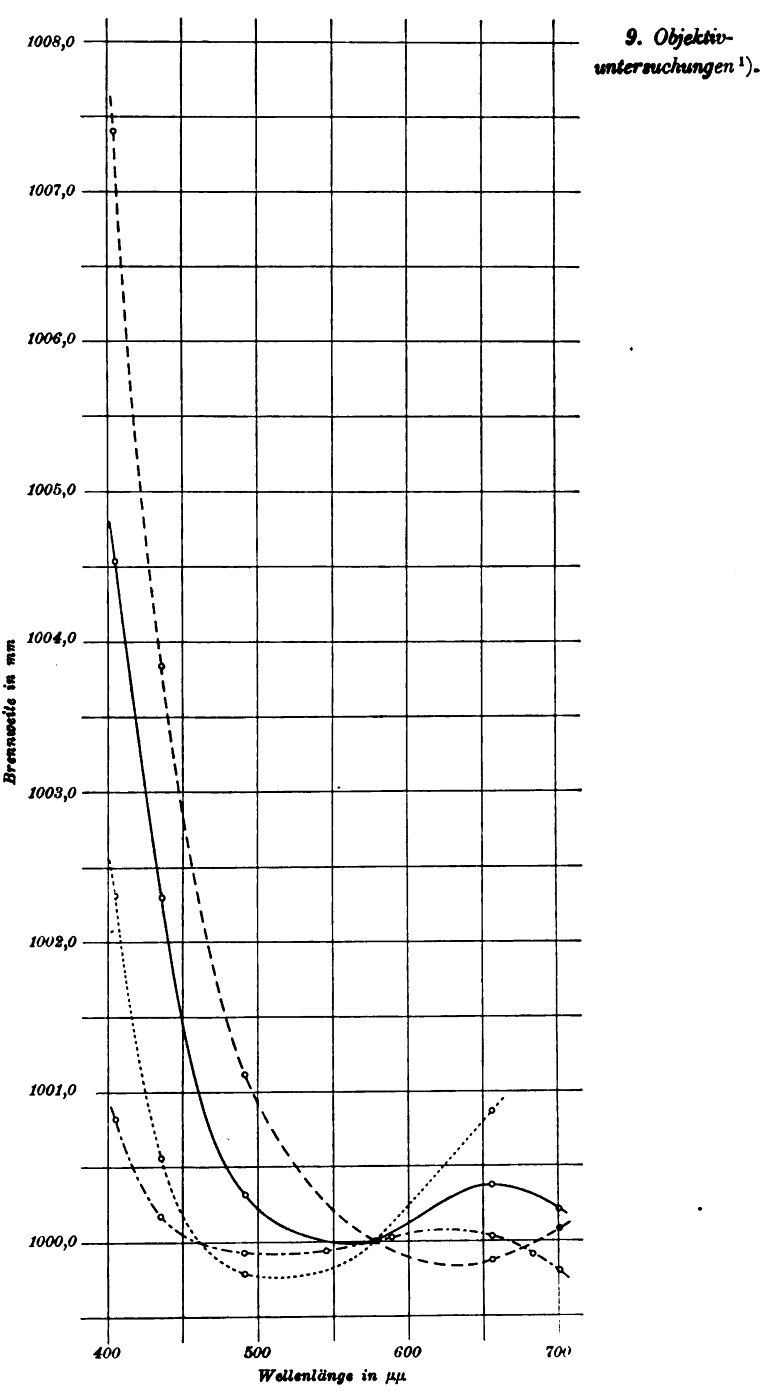
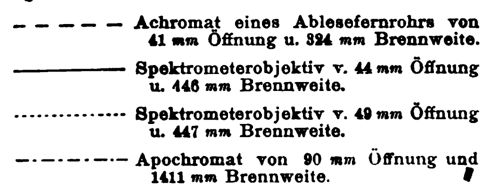


Fig. 11. Chromatische Aberration der einzelnen Objektivtypen, umgerechnet für eine absolute Brennweite von 1000 *mm*.



[1]) Brodhun, Faßbender, Wetthauer.

matischen Aberrationen ebenfalls in die Kurven der Fig. 11 mit einbezogen und in Tabelle 4 zusammengestellt.

Die Hartmannsche Methode gibt bekanntlich nur die Vereinigungsweiten. Die in den Tabellen angegebenen Brennweiten wurden so erhalten, daß zunächst mit dem Abbeschen Fokometer und anderen Methoden die mittlere Brennweite bestimmt wurde. Hieraus wurde diejenige Konstante ermittelt, die zu den Vereinigungsweiten addiert werden muß, um den in den Tabellen als Brennweite bezeichneten Abstand des Vereinigungspunktes von einer mittleren Hauptebene zu erhalten. Es sind also bei diesen Werten die Aberrationen der Hauptebene nicht berücksichtigt.

Für die Untersuchung jedes Aplanaten, also auch für die Untersuchung jedes Apochromaten braucht man zur Entscheidung der Frage, ob die Sinusbedingung erfüllt ist, den Abstand des Vereinigungspunktes von dem seitlichen Hauptpunkt für die betreffende Zone und Farbe, also außer den Aberrationen des Vereinigungspunktes auch die Aberrationen der Hauptebenen. Zu dem Zwecke wurde die von Abbe angegebene Methode der Ermittlung der Lage der Hauptpunkte mit dem Abbeschen Fokometer zur Bestimmung der sphärischen und der chromatischen Aberrationen der Hauptebenen bei monochromatischem Licht ausgearbeitet. Diese Methode besitzt die gleiche Genauigkeit wie die von Hartmann *Zeitschr. f. Instrkde. 24. S. 40. 1904* beschriebene und hat dieser gegenüber den Vorteil einer einfacheren Apparatur. Für den großen Apochromaten wurde so gezeigt, daß die Sinusbedingung für weißes Licht unter der Voraussetzung einer vollkommenen sphärischen Korrektion erfüllt ist. Außerdem wurde die Lage der Hauptebenen eines der beiden Spektrometerobjektive von 49 *mm* Öffnung und 447 *mm* Brennweite für 3 verschiedene Farben gemessen. In nachstehender Tabelle 8 und in Fig. 12 sind für das letztere die erhaltenen Abstände der Hauptebenen vom Scheitelpunkt mitgeteilt.

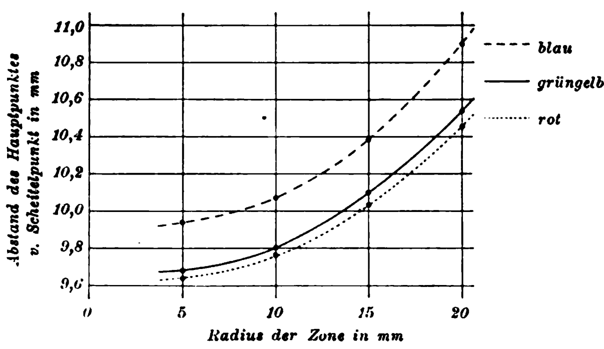


Fig. 12. Abstand des Hauptpunkts vom Scheitelpunkt.

Tabelle 4.

Brennweite des Apochromaten in Abhängigkeit von der Wellenlänge:

Wellenlänge in $\mu\mu$	405	436	492	546	589	656	683	701
Brennweite in *mm*	1000,8	1000,2	999,9	999,9	**1000,0**	1000,0	999,9	999,8

Tabelle 5.

Brennweite in *mm* zweier Spektrometerobjektive von 49 *mm* Öffnung und 447 *mm* Brennweite in Abhängigkeit von Zone und Wellenlänge:

Objektiv a.

Wellenlänge in $\mu\mu$	405	436	492	578	656
Zone r = 11 *mm*	—	1001,8	1000,7	1001,0	1001,9
25 „	1003,0	1001,2	1000,2	1000,6	1001,6
38 „	—	1001,4	1000,6	1000,8	1001,4
51 „	1002,3	1000,6	999,8	**1000,0**	1000,9

Objektiv b.

Wellenlänge in $\mu\mu$	405	436	546	578	656	700
Zone r = 11,2 *mm*	1003,2	1002,1	1000,85	1001,15	—	1001,9
24,7 „	1002,5	1001,0	1000,1	1000,1	1001,1	1001,3
38,2 „	1002,3	1000,6	999,95	999,95	—	1001,15
51,7 „	1002,2	1000,5	999,73	**1000,0**	1000,8	1001,1

Tabelle 6.

Brennweite in *mm* zweier Spektrometerobjektive von 44 *mm* Öffnung und 446 *mm* Brennweite in Abhängigkeit von Zone und Wellenlänge:

Objektiv a.

Wellenlänge in $\mu\mu$	405	436	492	578	656	700
Zone r = 11 *mm*	—	1001,5	—	999,6	999,7	—
22,5 „	1004,4	1002,0	1000,2	1000,2	1000,7	1000,7
33,5 „	—	1002,0	—	1000,0	1000,4	—
42,5 „	1004,5	1002,3	1000,3	**1000,0**	1000,4	1000,2

Objektiv b.

Wellenlänge in $\mu\mu$	405	436	486	546	578	656	700
Zone r = 11,2 *mm*	1003,2	1001,3	1000,4	1000,2	1000,4	1000,7	1000,8
22,5 „	1004,2	1001,9	1000,5	999,83	1000,2	1000,9	1000,7
33,7 „	1004,1	1001,8	1000,4	999,63	1000,1	1000,4	1000,9
42,6 „	1004,2	1001,9	1000,5	999,63	**1000,0**	1000,3	1000,5

Tabelle 7.

Brennweite in *mm* des Achromaten eines Ablesefernrohrs von 41 *mm* Öffnung und 324 *mm* Brennweite in Abhängigkeit von Zone und Wellenlänge:

Wellenlänge in $\mu\mu$	405	436	492	578	656	700
Zone r = 15 *mm*	—	1002,1	—	999,4	999,3	—
31 „	1006,1	1002,7	1000,5	999,6	999,7	1000,2
46 „	—	1003,5	—	1000,0	999,9	—
59 „	1007,4	1003,8	1001,1	**1000,0**	999,9	1000,1

Tabelle 8.

Abstand des Hauptpunkts von dem Scheitelpunkt in *mm*:

Radius der Zone in *mm* ca.	blaues Licht			grüngelbes Licht			rotes Licht		
	I. Reihe	II. Reihe	Mittel	I. Reihe	II. Reihe	Mittel	I. Reihe	II. Reihe	Mittel
20	10,905	10,901	10,903	10,530	10,535	10,532	10,451	10,451	10,451
15	10,384	10,384	10,384	10,089	10,094	10,092	10,034	10,034	10,034
10	10,063	10,072	10,068	9,809	9,813	9,811	9,754	9,759	9,756
5	9,939	9,939	9,939	9,668	9,695	9,682	9,638	9,642	9,640

V. Chemische Arbeiten.

1. Prüfung des Glases[1]).

Über die in der Reichsanstalt üblichen Methoden zur Prüfung der chemischen Angreifbarkeit des Glases wurde eine gedruckte Mitteilung ausgearbeitet. Die früher auf Löslichkeitsversuche gegründete Einteilung der technischen Glasarten in fünf hydrolytische Klassen wurde neuerdings auch auf die Verwitterungsversuche bezogen. Beide Untersuchungsmethoden führen zu der gleichen Beurteilung der Haltbarkeit.

2. Bestimmung der Borsäure im Glase[2]).

Die 1904 abgebrochenen Versuche über die direkte Bestimmung der Borsäure im Glase wurden wieder aufgenommen mit Rücksicht auf die Ermittlung kleiner Gehalte, wie sie z. B. im Thermometerglas 16^{III} vorliegen.

3. Technische Normalmetalle[3]).

Die analytische Prüfung technischer Normalpräparate von Zink, Kadmium, Zinn, Blei wurde mit einer Publikation abgeschlossen, in welcher eine Klassifikation der handelsreinen Metalle nach ihren verschiedenen Reinigungsstufen in Vorschlag gebracht wird (Anhang Nr. 61).

4. Probiermethoden zur Erkennung der Metalle[4]).

Die Versuche über die schnelle Unterscheidung der Metalle durch analytische Probiermethoden wurden mit einer Publikation zu einstweiligem Abschluß gebracht (Anhang Nr. 54).

5. Metallbeizen[5]).

Über die Gelbbraunfärbung des Kupfers nach verbesserten Beizvorschriften wurden ausgedehnte Versuche veröffentlicht (Anhang Nr. 49). In Ergänzung früherer Arbeiten über glänzend schwarze Überzüge (durch Kaliumpersulfat) wurde die Wirkung einer Lösung von Kupfersulfat und Permanganat studiert, welche zu mattschwarzen Färbungen führt.

6. Chemischer Angriff der Platingeräte[6]).

Die von W. C. Heraeus angeregte Arbeit über die Abnutzung der Platingeräte wurde im wesentlichen abgeschlossen. Bei dem Angriff durch leuchtende Gasflammen handelt es sich nicht um flüchtige Platinverbindungen, sondern die Korrosion erfolgt in zwei Phasen, indem

1. unter Aufnahme von Kohlenstoff feste Verbindungen der Platinmetalle gebildet werden, welche
2. unter Gasentwicklung verbrennen und dadurch ein mechanisches Abblättern (Zerstäuben) des Metalles herbeiführen.

7. Schwefelbestimmung im Leuchtgas[7]). *(Beitrag zur Mikrochemie.)*

Der Schwefelgehalt des Leuchtgases wird gewöhnlich — seiner geringen Menge wegen — unter Anwendung von ca. 50 *l* Gas bei vielstündigem Zeitaufwand bestimmt. Als Ersatz dafür wurde ein einfaches Verfahren ermittelt, welches (bei ausreichender Genauigkeit) nur 200 *ccm* Gas und eine halbstündige Arbeit erfordert. Die Verbrennung des Gases mit Luft wird in einem 3 *mm* weiten Quarzröhrchen bei Gegenwart von Platinschwamm vorgenommen, und die gebildete Schwefelsäure wird in feuchtem Quarzpulver absorbiert. Nach dem Auslaugen mit Wasser titriert man die erhaltene Lösung mit $^1/_{1000}$ Normalnatron unter Anwendung von ätherischer Eosinlösung als Indikator.

Das in der Reichsanstalt benutzte Leuchtgas ergibt einen zwischen 0,3 und 0,9 *mg* im Liter schwankenden Schwefelgehalt, welcher sich größtenteils durch Überleiten über erhitzte Metalle (Kupfer usw.) beseitigen läßt.

8. Ersatzmittel für Platin[8]).

Als Ersatz des Platins in der Technik sind mehrere Metalle und Legierungen in Vorschlag gebracht worden, mit welchen vergleichende Versuche begonnen worden sind, obwohl ein vollständiger Ersatz des Platins für chemische Zwecke von vornherein als ausgeschlossen anzusehen ist.

Reines Nickel[9]).

Die Versuche über die Herstellung von reinem Nickel sind über den analytischen Teil, welcher sich mit den Verunreinigungen beschäftigt, noch nicht hinausgekommen. Ein

[1]) Mylius.
[2]) Groschuff.
[3]) Mylius.
[4]) Hüttner.
[5]) Groschuff.
[6]) Mylius, Hüttner.
[7]) Mylius, Hüttner.
[8]) Groschuff.
[9]) Mylius, Hüttner.

Kobaltgehalt von 0,1 bis 10 % läßt sich leicht durch kolorimetrische Vergleiche bestimmen. Während die wäßrigen Nickelsalzlösungen grün sind, ist die Lösung des *reinen* Nickelchlorids in konz. Salzsäure zitronengelb; ein Gehalt an Kobaltchlorid (welches für sich blaue Lösungen ergibt) erteilt ihr eine *grüne* Färbung.

Das Reinnickel der Technik gehört meist (mit über 1 % Gesamtverunreinigung) der untersten oder ersten Reinigungsstufe an. Zwei verschiedene Proben wurden auf Veranlassung des Herrn Dr. Joh. A. Repsold mit nachstehendem Ergebnis analysiert:

	I	II
Nickel	ca. 97,8 %	ca. 98,6 %
Kobalt	1,2	0,87
Eisen	0,36	0,32
Mangan	0,24	0,13
Kupfer (Blei, Zink)	0,30	0,10
Silicium	0,06	Spuren
Magnesium, Kohlenstoff usw.	Spuren	Spuren

Das Material hatte sich wegen merklicher Oxydierbarkeit zur Herstellung feinerer Kreisteilungen für astronomische Zwecke nicht völlig bewährt.

Wesentlich reiner ist das Nickel „Kahlbaum" mit einer Gesamtverunreinigung von ca. 0,16 %. Bemerkenswert ist darin eine kleine mehrfach festgestellte Verunreinigung mit Platin, welche auf die elektrolytische Abscheidung des Metalles zurückzuführen ist.

VI. Arbeiten der Werkstatt.

1. Herstellung von Apparaten usw.

Folgende größere Apparate wurden fertiggestellt:

6 Schraubenmikrometer Reichelscher Bauart,
1 Fühlhebel mit veränderlicher Vergrößerung,
1 Kontaktvorrichtung für eine Uhr,
2 Regulatorachsen mit Achatlagern,
1 Luftdämpfung für einen Tourenregler,
6 Steckkontakte mit Polklemmen,
1 Fahrgestell und Schutzkasten für einen Transformator,
1 Petroleumbad für Normalelemente,
3 große Drehkondensatoren,
1 Widerstandssockel zur Eichmaschine,
1 Sekundärspule für hohe Induktionen,
1 γ-Strahlen-Zelle,
1 Uranzelle,
1 Apparat zur Bestimmung der Wärmedurchlässigkeit schlecht leitender Materialien,
1 Wassererhitzer für einen Thermostaten,
2 Metallkassetten,
1 großes Bolometergefäß mit Schutzmantel,
2 Gittergestelle,
6 justierbare Spiegel bezw. Linsenständer,
1 Prismenstativ.

Daneben wurde noch eine Anzahl großer Apparate in Angriff genommen und ziemlich weit gefördert: Eine schwere, stählerne Druckzelle für Funkenversuche, eine große elektromagnetische Bremse für 6 PS, drei rotierende Sektoren und ein Vergleichsapparat für ärztliche Thermometer. Für die Ohmbestimmung wurde die Hilfe der Werkstatt wiederholt und auf längere Dauer in Anspruch genommen, ebenso für die Einrichtung des Radium-Laboratoriums der Abt. I. Außerdem war eine große Anzahl kleinerer Einrichtungen und Reparaturen auszuführen.

2. Stempelungen.

Mit Beglaubigungs- und Prüfungsstempeln wurden versehen:

21 Stimmgabeln beglaubigt,
8 „ gestempelt,
140 Widerstände und Normalelemente,
106 Stäbe und Blechproben für magnetische Untersuchungen,
13 Kalorimeter,
67 Hefnerlampen,
11 Quarzfassungen,
9 Schraubenspindeln.

3. Neukonstruktionen und technologische Arbeiten[1].

Konstruktionszeichnungen wurden angefertigt für ein großes Interferometer, einen rotierenden Sektor mit Feinstellung und für einen Vergleichsapparat für Normalthermometer. Der Zeichner der Werkstatt hatte auch für andere Laboratorien und für allgemeine Zwecke der Reichsanstalt wiederholt und andauernd zu arbeiten.

Mit dem im Vorjahre gebauten Teilungsuntersucher für Zahnräder wurde eine größere Anzahl Messungen ausgeführt. Diese Messungen wurden durch Anwendung einer empfindlicheren Einstellmethode noch verfeinert und für die Kontakteinstellung der Zahnflanken ein Fühlhebel gebaut, dessen Vergrößerung beliebig von 500—4000 geändert werden kann. Weiter wurden Vorversuche mit zwei 0,5 *m* langen Metallthermometern aus Kupfer bzw. Messing und Invar gemacht. Mit ihnen soll indirekt durch mikrometrische Messungen die Mitteltemperatur von 0,5 *m* langen Versuchskörpern für Ausdehnungsbestimmungen festgestellt werden. Die Lamellen der Metallthermometer sind so kombiniert, daß ohne Anwendung einer Hebelübertragung eine Verdoppelung der relativen Ausdehnung zur Beobachtung gelangt.

Die Untersuchungen über das theoretische Verhalten von gußeisernen Teilkreisen mit Silberlimbus sowie drei neu konstruierte Apparate wurden im Berichtsjahr veröffentlicht. (Anh. Nr. 45 bis 48.)

Das Werkstattpersonal wurde um einen Hilfsmechaniker vermehrt. Die Maschinenausrüstung der Werkstatt wurde durch Ankauf einer Metall-Kreissäge und einer Horizontalfräsmaschine erweitert.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Warburg.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Denkschrift über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von Anfang 1907 bis Ende 1911. Dem Reichstage vorgelegt.
2. Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1911. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 119—135, 155—169, 195—210. 1912.*
3. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter Nr. 67—75. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich* ***40.*** *S. 238, 199, 238, 303, 428, 555, 555, 684, 730; Elektrotechn. Zeitschr.* ***33.*** *S. 374—375, 432—433, 485—486, 717—720. 773—775, 826—827, 871—872, 1085—1087, 1136. 1912.*
4. Warburg, Über die Ziele der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt; zur Abwehr. *Physikal. Zeitschr.* ***13.*** *S. 1091—1093. 1912.*
5. Gebührentafel für die Prüfung von Thermometern. (*Zentralbl. f. d. Deutsche Reich* ***37.*** *1909 S. 194 ff. und* ***38.*** *S. 101 ff.*)

[1]) Göpel.

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

6. **Faßbender und Hupka**, Magnetische Untersuchungen im Hochfrequenzkreis. *Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph.* **5.** *S. 133—146. 1912.*
7. **Faßbender und Hupka**, Verfahren zur Bestimmung von Hysteresiskursen bei elektrischen Schwingungen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 408—413. 1912.*
8. **Faßbender und Hupka**, Aufnahme von Schwingungskurven kleiner Amplituden. *Physikal. Zeitschr.* **13.** *S. 559—561. 1912.*
9. **Gehrcke und Seeliger**, Über das Leuchten der Gase unter dem Einfluß von Kathodenstrahlen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 335—343. 1912.*
10. **Gehrcke und Seeliger**, Über das Leuchten der Gase unter dem Einfluß von Kathodenstrahlen. II. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 1023—1031. 1912.*
11. **Henning**, Ein Thermostat für tiefe Temperaturen. *Diese Zeitschr.* **33.** *S. 33—38. 1913.*
12. **Jakob**, Die spezifische Wärme und das spezifische Volumen des Wasserdampfes für Drücke bis 20 at und Temperaturen bis 550° C. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **56.** *S. 1980. 1912.*
13. **Janicki**, Über die Struktur der Quecksilberlinie 5461 Ä.-E. *Ann. d. Phys.* **39.** *S. 439—443. 1912.*
14. **Gehrcke und Janicki**, Über scharfe Interferenzstreifen, erzeugt an keilförmigen Platten. *Ann. d. Physik* **39.** *S. 431—439. 1912.*
15. **Scheel und Heuse**, Über die Wärmeausdehnung des Quecksilbers. Bemerkungen zu einer Arbeit von Callendar und Moß. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 139—144. 1912.*
16. **Scheel und Heuse**, *Concerning the Thermal Expansion of Mercury, Remarks on a Paper by Callendar and Moss. Phil. Mag.* **23.** *S. 412—417. 1912.*
17. **Scheel und Heuse**, Die spezifische Wärme von Helium und einigen zweiatomigen Gasen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1913. S. 44—48.*
18. **Warburg**, Über den Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen in Gasen. II. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912. S. 216—225.*
19. **Warburg, Hupka und Müller**, Über die Konstante c des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. S. 35—43. 1913.*

Private Veröffentlichungen.

20. **Gehrcke**, Notiz zu vorstehender Abhandlung von Herrn F. Grünbaum. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 294. 1912.*
21. **Gehrcke**, Über den Sinn der absoluten Bewegung von Körpern. *Sitzungsber. d. Königl. Bayerischen Akad. d. Wissensch. Mathemat.-physikal. Klasse. S. 209—222. 1912.*
22. **Gehrcke**, Über eine physikalische Anwendung des Satzes vom zureichenden Grunde. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 379—384. 1912.*
23. **Gehrcke**, Über eine physikalische Anwendung des Satzes vom zureichenden Grunde, II. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 764—768. 1912.*
24. **Gehrcke**, Zur Frage nach der strengen Gültigkeit der Maxwellschen Grundgleichungen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **14.** *S. 945—946. 1912.*
25. **Gehrcke**, Anodenstrahlen. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* **1.** *S. 463—466. 1912.*
26. **Gehrcke**, Zur Demonstration der Interferenzen planparalleler Platten. *Zeitschr. f. d. physikal. u. chem. Unterr.* **25.** *S. 142—144. 1912.*
27. **Gehrcke**, Herausgabe von „Drude, Lehrbuch der Optik, 3. Auflage". (Leipzig, S. Hirzel, 1912.)
28. **Jaeger**, Artikel: „Meßapparate und Meßmethoden für stationäre Ströme" (156 S.) und „Absolute Maße und Einheiten" (58 S.) in Bd. II von L. Graetz, Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Leipzig, Ambr. Barth.

29. **Jakob und Knoblauch**, Bemerkungen zu „*Armand Duchesne, Recherches sur les propriétés de la vapeur d'eau surchauffée*". *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* ***56.*** *S. 1128. 1912.*
30. **Scheel**, AEF Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen. Erläuterungen zu Entwurf X. Mathematische Zeichen. *Verhandl. d. Dentsch. Physikal. Gesellsch.* ***14.*** *S. 373—378. 1912.*
31. **Scheel**, Neuere experimentelle Untersuchungen über den Sättigungsdruck des Wasserdampfes. *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 1—8.*
32. **Scheel**, Die Wärmeausdehnung des Quarzglases. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 14—18. 1912.*
33. **Scheel**, Massenmessung. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***6.*** *S. 748—762. 1912.*
34. **Scheel**, Längenmessung. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***6.*** *S. 41—57. 1912.*
35. **Scheel**, Latente Wärme. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***6.*** *S. 57—63. 1912.*
36. **Scheel**, Dichte und spezifisches Gewicht. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***2.*** *S. 971—987. 1912.*
37. **Scheel**, Die Entwickelung der Luftpumpe. *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 1—11.*
38. **Scheel**, Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. *Techn. Industr. Korresp.* ***46.*** *1912.*
39. **H. Schultze**, Abschnitt „Messungen" in „Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker", 2. Aufl. 43 S. Berlin, Wilh. Ernst u. Sohn, 1912.
40. **H. Schultze**, Elektrostatische Messungen. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***2.*** *S. 483—499. 1913.*
41. **Seeliger**, Beitrag zur Theorie der selbständigen Entladung. *Ann. d. Physik* ***38.*** *S. 764—780. 1912.*
42. **Seeliger**, Bemerkung über den Energieverlust von Elektronen beim Zusammenstoß mit Gasmolekülen. *Sitzungsber. d. Königl. Bayerischen Akad. d. Wissensch. Mathematisch-physikal. Klasse. S. 375—380. 1912.*
43. **Seeliger**, Die Methoden zur Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons. *Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik* ***9.*** *S. 28—52. 1912.*
44. **v. Steinwehr**, Herausgabe der von Prof. E. **Gerland** hinterlassenen, im Auftrage der Historischen Kommission bei der Königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften verfaßten „Geschichte der Physik". 762 S. (Berlin u. München, R. Oldenbourg, 1913.)

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

45. **Göpel**, Über das thermische Verhalten von gußeisernen Teilkreisen mit Silberlimbus. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 33—43. 1912.*
46. **Göpel**, Komparator zur Ausmessung einer Ohmspule. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 229—234. 1912.*
47. **Göpel**, Stativ für Ablesefernrohre. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 352—354. 1912.*
48. **Göpel**, Thermostat mit Luftheizung. *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 209—211.*
49. **Groschuff**, Über Metallbeizen. Dritte Mitteilung: Braunfärben von Kupfer mit Chloratlösung. *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 145—148 u. 153—157.*
50. **Grüneisen und Giebe**, Anwendung des Dreiplattenkondensators zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten fester Körper. *Verh. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***14.*** *S. 921—928. 1912.*
51. **Gumlich**, Ergebnis der vergleichenden Bestimmung der Verlustziffer und des Hystereseverlustes von fünf Eisenblechproben durch das National Physical Laboratory, das Bureau of Standards und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***33.*** *S. 555—556. 1912.*
52. **Gumlich**, *Magnetic Properties of Iron-Carbon and Iron-Silicon Alloys, with Micrographic Investigation and Reproductions by* Prof. Dr.-Ing. P. **Goerens**, Aachen. *Reprinted from the Transactions of the Faraday Society S. 1—17. 1912.*

    Dasselbe deutsch: Magnetische Eigenschaften von Eisen-Kohlenstoff- und Eisen-Siliciumlegierungen. *Ferrum* ***10.*** *S. 33—44. 1912.*
53. **Gumlich und Rogowski**, Methode zur absoluten Bestimmung der Magnetisierung von Dynamoblech an Epsteinschen Bündeln. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***33.*** *S. 262—266. 1912.*
54. **Hüttner**, Chemische Proben zur Unterscheidung von Metallen und Metall-Legierungen. *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 65—69 u. 77—81.*

55. **Leman**, Die Meßmaschine der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Deutsche Mech.-Ztg. 1913. S. 33—39 u. 45—48.*
56. **Leman** und **Werner**, Apparat zur Bestimmung thermischer Ausdehnungskoeffizienten bei höheren Temperaturen. *Diese Zeitschr.* ***33.*** *S. 65. 1913.*
57. **Lindemann**, Über die Verwendung der harmonischen Oberschwingungen des Poulsenkreises bei Messungen der Wellenlänge. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***14.*** *S. 624—633. 1912.*
58. **Meißner**, Zur Konstanz des Schwefelsiedepunktes. *Ann. d. Phys.* ***39.*** *S. 1230—1242. 1912.*
59. **Meißner**, Über die Vergrößerung von kapillaren Fäden, insbesondere von Fieberthermometerfäden, durch prismenartige Form des Kapillarglases. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 371—376. 1912.*
60. **Moeller**, **Hoffmann** und **Meißner**, Vergleichungen von Quecksilberthermometern mit dem Platinthermometer. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 217—229. 1912.*
61. **Mylius**, Reinheitsgrade von Metallen des Handels. *Zeitschr. f. anorg. Chem.* ***74.*** *S. 407—427. 1912.*
62. **Orlich** und **Schultze**, Über einen Spannungsteiler für Hochspannungsmessungen. *Archiv f. Elektrotechn.* ***1.*** *S. 1—94. 1912.*
63. **Rogowski** und **Steinhaus**, Die Messung der magnetischen Spannung. (Messung des Linienintegrals der magnetischen Feldstärke.) *Archiv f. Elektrotechn.* ***1.*** *S. 141—150. 1912.*
64. **Rogowski**, Über die induzierte Strömung und das Drehmoment bei der Scheibe eines Wechselstrommotorzählers. *Archiv f. Elektrotechn.* ***1.*** *S. 205—232. 1912.*
65. **Rogowski**, Einschaltstromstoß und Vorkontaktwiderstand beim Transformator. *Archiv. f. Elektrotechn.* ***1.*** *S. 344—363. 1912.*
66. **Schering**, Zeigerinstrumente mit geringem Eigenverbrauch zur Messung kleiner Wechselstromstärken und Wechselspannungen. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 69—113. 1912.*
67. **Schering** und **Schmidt**, Ein empfindliches Vibrationsgalvanometer für niedrige Frequenzen. *Archiv f. Elektrotechn.* ***1.*** *S. 254—258. 1912.*
68. **Schering** und **Schmidt**, Ein Satz Normal-Luftkondensatoren mit definierter Schaltungskapazität. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 253—258. 1912.*
69. **Schmiedel**, Über Fehlerquellen bei der Bestimmung der Verlustziffer mit dem Epsteinschen Apparat. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***33.*** *S. 370—374. 1912.*
70. **Günther Schulze**, Die Bildung schlechtleitender Schichten bei der Elektrolyse des Glases. *Ann. d. Physik* ***37.*** *S. 435—471. 1912.*
71. **Günther Schulze**, Über die Kapazitäten der elektrolytischen Ventilwirkung in geschmolzenen Salzen und in absoluter Schwefelsäure. *Zeitschr. f. Elektrochem.* ***18.*** *S. 22. 1912.*
72. **Schultz**, Interferenz-Apparat zur Untersuchung größerer Glasplatten auf Ebenheit und Parallelismus. *Diese Zeitschr.* ***32.*** *S. 258—261. 1912.*
73. **Wiebe**, Die Brauchbarkeitsgrenze der hochgradigen Thermometer. *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 21—23 u. 33—40.*
74. **Wiebe** und **Hebe**, Entflammungspunkte von Leuchtölgemischen, *Petroleum. Zeitschr. f. d. gesamt. Interessen d. Petroleum-Industrie u. d. Petroleum-Handels* ***7.*** *S. 655—656. 1912.*

Private Veröffentlichungen.

75. **Alberti**, Neubestimmung der spezifischen Ladung lichtelektrisch ausgelöster Elektronen. *Ann. d. Physik* ***39.*** *S. 1133—1164. 1912.*
76. **Disch**, Über die meteorologischen Thermometer. *Das Wetter. Monatsschr. f. Witterungskde.* ***29.*** *S. 241—246. 1912.*
77. **Göpel**, Physikalische Technik. *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***7.*** *S. 867—872. 1912.*
78. **Grüneisen**, Sublimieren, Verdampfen und Schmelzen einatomiger Elemente. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***14.*** *S. 322—334. 1912.*
79. **Grüneisen**, Theorie des festen Zustandes einatomiger Elemente. *Ann. d. Physik* ***39.*** *S. 257—306. 1912.*

80. **Gumlich, Magnetische Eigenschaften der Stoffe.** *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***6.*** *1912. S. 650—665.*

81. **Hüter, Kapazitätsmessungen an Spulen.** *Ann. d. Physik* ***39.*** *S. 1350—1380. 1912.*

82. **Meißner, Manometer.** *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***6.*** *S. 716—722. 1912.*

83. **Meißner, Hermann F. Wiebe †.** *Petroleum, Zeitschr. f. d. gesamt. Interessen der Petroleum-Industrie u. d. Petroleum-Handels* ***8.*** *S. 69—71. 1912.*

84. **Orlich, Über Strom- und Spannungswandler.** *Helios, Fach- u. Exportzeitschr. f. Elektrotechn. 1912. Nr. 19.*

85. **Rogowski, Doppelt verkettete Streuung von Asynchronmotoren.** *Elektrotechn. u. Maschinenbau. 1912. S. 1—3.*

86. **Rogowski, Magnetische Messungen.** *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***6.*** *S. 687—700. 1912.*

87. **Scheel, Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg.** *Akademische Rundschau* ***1.*** *S. 221—227. 1913.*

88. **Schering und Schmidt, Technische Mitteilung über eine Neukonstruktion von Luftkondensatoren.** *Elektrotechn. Zeitschr.* ***35.*** *S. 1343—1344. 1912.*

89. **Günther Schulze, Zum elektrochemischen Verhalten des Eisens.** *Zeitschr. f. Elektrochem.* ***18.*** *S. 326. 1912.*

90. **Günther Schulze, Elektrische Ventile.** *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***3.*** *S. 304—321. 1912.*

91. **Günther Schulze, Elektrischer Strom.** *Handwörterb. d. Naturwissensch.* ***3.*** *S. 284—303. 1912.*

92. **Schultz, Neuere Fräshilfswerkzeuge der Fa. Beling & Lübke in Berlin.** *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 221—223.*

93. **Wiebe, Änderung der Prüfungsbestimmungen für Thermometer.** *Deutsche Mech.-Ztg. 1912. S. 105—106.*

94. **Wiebe, Berücksichtigung der Fadenkorrektion bei der Temperaturbestimmung in den Mineralöl-Siedeapparaten.** *Petroleum, Zeitschr. f. d. gesamt. Interessen d. Petroleum-Ind. u. d. Petroleum-Handels* ***7.*** *S. 1304—1306. 1912.*

95. **An der Bearbeitung der vierten Auflage der Landolt-Börnsteinschen Physikalisch-Chemischen Tabellen (Berlin, Julius Springer 1912) beteiligten sich folgende Beamte der Reichsanstalt: Blaschke, Gehrcke, Gumlich, Henning, Heuse, Holborn, Scheel, Schönrock, v. Steinwehr.**

96. **An der Bearbeitung der achten Auflage des Hilfsbuchs für Elektrotechnik, herausgegeben von Dr. Karl Strecker (Berlin, Julius Springer 1912) beteiligten sich: Gumlich, Jaeger, Orlich, von Steinwehr.**

Referate.

Beschreibung eines Apparats zur automatischen Auslösung von Zeitsignalen.

Von G. Bijourdan. *Compt. rend.* ***156.*** *S. 105. 1913.*

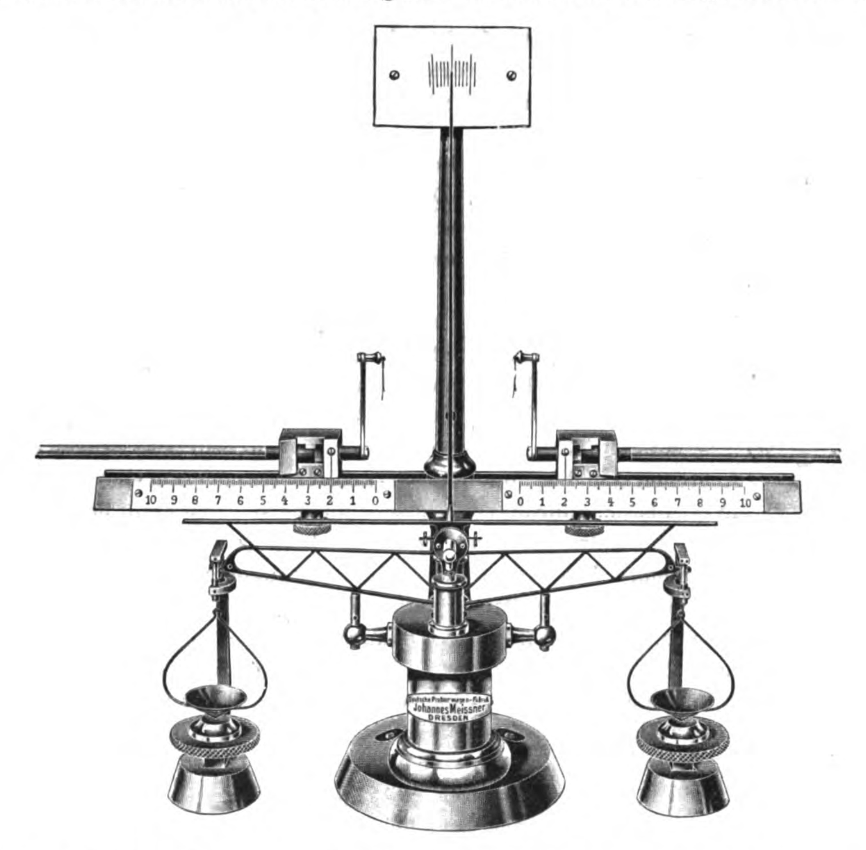
Die Auslösung der internationalen funkentelegraphischen Zeitsignale soll, um die erforderliche Genauigkeit zu gewährleisten, durch einen automatischen Geber erfolgen. Verf. schlägt vor, in den Mantel eines durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation versetzten Metallzylinders von 20—40 *cm* Durchmesser isolierende Segmente einzulassen, ähnlich wie das bei der Kontakttrommel eines Registriermikrometers geschieht; nur soll die Bahn der Kontaktschneide, die auf der Oberfläche des Zylinders gleitet, auf ihm eine Schraubenlinie beschreiben, so daß mehrere Umdrehungen des Zylinders mit verschiedenartigen Kontaktgruppen ausgenutzt werden können; führt der Zylinder z. B. eine Umdrehung in der Minute aus, so würden die drei in Frage kommenden Schraubenumgänge ähnlich dem Schema in *dieser Zeitschr.* ***33.*** *S. 142. 1913* zu gestalten sein. Statt, wie das oft bei photographischen Walzen-Registrierapparaten geschieht, die Achse des Zylinders als Schraube auszugestalten, hält Verf. es für günstiger, den Zylinder nur rotieren, den Kontakthebel dagegen parallel zur Zylinderachse fortschreiten zu

lassen. Um die Signale in genaue Übereinstimmung mit der Stationsuhr bringen zu können, erhält der Zylinder noch einige weitere Schraubengänge mit Sekundenkontakten und wird nicht fest mit der Achse verbunden, sondern mikrometrisch drehbar, so daß man kurz vor der Signalgebung genaue Koinzidenz der vom Zylinder ausgelösten Sekundensignale mit den Sekundenschlägen der Stationsuhr herstellen, oder auch deren etwaige Uhrkorrektion mittels einer Hilfsteilung an der Stirnfläche des Zylinders berücksichtigen kann. *Wanach.*

Normal-Probierwage.

Nach einem Prospekt der Deutschen Probierwagen-Fabrik Johannes Meissner, Dresden-N. 30.

Der Balken der in der Figur abgebildeten Wage besteht aus einem Netzwerk rechtwinkliger Dreiecke und hat eine Tragkraft von 2 *g*. Sämtliche Achsen und Lager sowie die Kontaktstellen des Balkens und der Gehänge sind aus Karneol-Achat hergestellt. Die Reiterskale



ist von dem Reiterlineal getrennt. Die Gehänge sind mit flachen Lagern aus Achat versehen und sitzen im Ruhezustande auf Achatkernen. Durch Drehen der ränderierten Skalenberuhigung kann diese mit den Gehängen zur Beruhigung der Schwingungen in leiseste Berührung gebracht werden. — Das Gehäuse der Wage besteht vollständig aus Messing.

Schl.

Nouvel électromètre idiostatique.

Von V. Crémieu. *Compt. rend.* ***156.*** *S. 460. 1913.*

Das in dieser Notiz beschriebene Instrument soll auch dem mit physikalischen Meßmethoden weniger Vertrauten es ermöglichen, Radiumemanationsmengen in einfacher Weise zu messen. Das Instrument unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Elektroskop im wesentlichen dadurch, daß das sonst gebräuchliche Goldblatt durch eine an einer feinen Aufhängung befestigte Nadel ersetzt ist, welche bei Aufladung durch zwei benachbarte Platten

abgestoßen wird. Diese Nadel bildet zusammen mit den Abstoßplatten das isolierte System, das im Inneren eines metallischen Gehäuses befestigt ist. Wird die Luft in dem Gehäuse durch die Emanation ionisiert, so wird die dem isolierten System erteilte Ladung zerstreut und die Nadel geht in ihre Ruhelage zurück. Die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel gibt ein Maß für die Stärke der Ionisation und wird gemessen durch die Zeit, welche verstreicht, bis die Nadel von einem Winkel α_1 auf den Winkel α_2 zurückgegangen ist. Der Durchgang der Nadel durch diese Winkel wird mittels zweier an dem Apparat angebrachten Visierlinien zeitlich genau festgelegt. Die Empfindlichkeit des Instruments läßt sich durch Torsion der Nadel variieren; die Maximalempfindlichkeit beträgt 10^{-13} Ampere. *Ggr.*

Druckregulatoren für ebullioskopische Versuche.

Von E. Beckmann. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **79.** *S. 565. 1912.*

Es werden von dem Verf. drei Manostaten für Siedeversuche beschrieben. Der erste ist zum Ausschluß atmosphärischer Druckschwankungen, der zweite für konstanten Unterdruck und der dritte für konstanten Überdruck bestimmt. Die beiden ersteren sind nach Versuchen mit Walter Weber, der dritte nach Versuchen mit Julius v. Bosse hergestellt.

Allen drei Apparaten gemeinsam ist die Art der Druckregulierung, bei der nicht wie bei den älteren Manostaten von Smits und Drucker die Niveauänderung von Quecksilber, sondern die Niveauänderung von glyzerinhaltigem Wasser zur Auslösung der Druckregulierung benutzt wird, wodurch sich eine größere Empfindlichkeit der Regulierung erreichen läßt.

Die Konstruktion des Regulators für den ersten Manostaten ist aus Fig. 1 zu ersehen: In dem unteren Teil des U-Rohrs AR befindet sich glyzerinhaltiges Wasser. Auf den beiden Oberflächen desselben schwimmen zwei hohle Glasschwimmer S und S_1, durch deren mit Quecksilbertropfen bedeckte Böden nach unten Platindrähte hindurchtreten. Die letzteren tauchen in Quecksilber enthaltende Röhrchen Q und Q_1, die in das U-Rohr eingeschmolzen sind und am unteren Ende Platinzuführungen besitzen, an die sich Kupferdrähte ansetzen. In die Glasschwimmer ragen von oben her bis nahe an das am Boden der Schwimmer befindliche Quecksilber Platinkontaktspitzen, die durch die abgedichteten Regulierschrauben T und T_1 eingestellt werden können. Durch den Hahn H kann der Raum A von der Außenluft abgeschlossen werden. Von R aus führt eine sich verzweigende Rohrleitung einerseits zum Siedeapparat, andererseits zu den Lufträumen über zwei durch den Druckregulator betätigten Ventilen. Dieselben sind unter Einschaltung von Flaschen, in denen durch Flüssigkeitssäulen ein konstanter Über- bzw. Unterdruck hergestellt wird, mit einer Druck- bzw. Saugpumpe verbunden. Die Ventile bestehen aus Quecksilberverschlüssen gemäß Fig. 2. Der auf das Glashütchen S geschobene Kork ist von einem Eisenring umgeben. Um das äußere Glasrohr ist ein Solenoid derart gelegt, daß bei Stromschluß S gehoben wird. Das Schließen des Stromes erfolgt auf folgende Weise: T ist mit Q und T_1 mit Q_1 über je ein Relais unter Einschaltung von je einer Stromquelle verbunden. Sinkt in R der Druck, so taucht in dem Glasschwimmer die Platinspitze in das Quecksilber, das Relais wird betätigt und schließt seinerseits den Strom des Solenoids, das zum Anheben des zur Druckpumpe führenden Ventils dient. Der Druck steigt dann in R, bis der Relaisstrom durch Betätigung des Platinquecksilberkontaktes in dem Schwimmer in R unterbrochen und dadurch das Ventil geschlossen wird. Tritt Überdruck in R auf, so wird der Strom des zweiten Relais durch den Platinquecksilberkontakt in A geschlossen und das zur Saugpumpe führende Ventil geöffnet, bis die Druckerhöhung ausgeglichen ist.

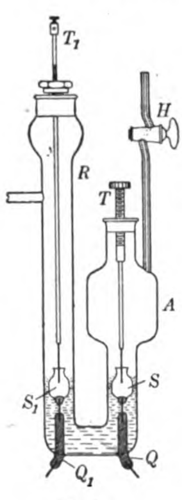


Fig. 1.



Fig. 2.

Der Apparat für Unterdrucke unterscheidet sich von dem für atmosphärischen Druck dadurch, daß der Schwimmer in A fortfällt und nur ein Ventil vorhanden ist, welches zeitweilig die Verbindung mit der Außenluft herstellt. Das Ventil besteht aus einem Glasröhrchen, dessen Ende für gewöhnlich durch Federdruck verschlossen ist, bei Eintritt der Druckregulierung aber durch einen Elektromagneten geöffnet wird. Zur Regulierung auf konstanten Unterdruck wird dauernd schwach evakuiert. Bei zu großer Druckerniedrigung tritt der Platinquecksilberkontakt in R in Wirksamkeit, betätigt das Relais und dadurch den Elektromagneten, so daß atmosphärische Luft zutritt und die zu große Druckerniedrigung aufhebt.

Um den Apparat für Überdrucke benutzen zu können, wird an dem Elektromagnet ein Preßluftventil angebracht, das bei Druckerniedrigung im Apparat durch Betätigung der Platinquecksilberkontakte in R, des Relais und des Elektromagneten geöffnet wird und dann Druckluft zuströmen läßt, bis die Druckerniedrigung aufgehoben ist. Damit nie eine Druckerhöhung auftritt, wird ständig aus einer sehr feinen Öffnung aus dem Innern des Apparates etwas Luft abgelassen.

Nach Angabe des Verf. läßt sich mit dem Apparat für atmosphärischen Druck die Siedetemperatur auf $\pm$ 0,001° konstant halten. Über die sonstigen Resultate will der Verf. später berichten. *Mfsr.*

Bücherbesprechungen.

J. Blein, *Optique géométrique.* 8°. 263 S. mit 107 Textfiguren. Paris, O. Doin et Fils 1912. Geb. 4,50 M.

Die Besprechung dieses Buches, das in der von Dr. Toulouse geleiteten Encyclopédie Scientifique erschienen ist, macht einem Vertreter der technischen Optik im allgemeinen und der Abbeschen Schule im besondern eine große Freude. Gewiß hat schon seit Jahren Herr M. Dufour, von der ophthalmologischen Seite ausgehend, also besonders Gullstrandsche Vorstellungen in Frankreich verbreitet, und seit noch längerer Zeit Herr E. Wallon namentlich die neueren Jenaer Ansichten über das photographische Objektiv und seine Hilfsapparate seinen Landsleuten mit regem Eifer und schönem Erfolge nahe gebracht, so daß vornehmlich die Mitglieder der *Société Française de Photographie* in bequemster Weise optisch-technische Neuerungen haben kennen lernen können. Herr J. Blein, ein Kollege Herrn Wallons, hat eine noch stark erweiterte Aufgabe übernommen, er hat sich mit der geometrischen Optik eingehend beschäftigt und vermittelt, wie er in der Vorrede zu seiner Abhandlung betont, die Ergebnisse seiner Studien der Instrumentenoptik einem französischen Leserkreise. Zu seinem Resultate kann man ihm nur Glück wünschen.

Er stützt sich wohl hauptsächlich auf die Schriften der Jenaer Schule, namentlich auf S. Czapskis Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente, versäumt aber nicht, auch auf Forschungen hinzuweisen, die seit der Herausgabe jenes Buches sei es erschienen, sei es mehr in Aufnahme gekommen sind. Hierzu gehören in erster Linie die Gullstrandschen Arbeiten, bei denen er namentlich auf dessen Anschauungen über das (bei Czapski unrichtig dargestellte) Sturmsche Konoid, über die Lichtverteilung in Zerstreuungskreisen, über die abbildbaren Linien, über die Konvergenzenrechnung und über den Augendrehpunkt hinweist. Am Schluß enthält ein besonderer Abschnitt über das Eikonal eingehende Hinweise auf Arbeiten von H. Bruns und K. Schwarzschild.

Bei der Anlage des Buches ist es verständlich, daß der Verfasser die Fundamentalgleichungen im Gaussschen Raum mit Hilfe der Newtonschen Gleichung auf die Brennpunkte bezieht, und das ist ja bei den gebräuchlichen Rechenverfahren der optischen Technik auch das bequemste. Außerdem ist ja das von Gullstrand aufgestellte allgemeine Gleichungspaar

$$\varkappa^2 B = A + \varkappa D; \qquad A = \varkappa K B$$

für die Rechnung mit reduzierten Konvergenzen bereits durch Herrn Dufour in Frankreich bekannt geworden.

Es ist erstaunlich, wieviel der Verfasser auf so beschränktem Raum hat umfassen können. Eine ziemlich eingehende Besprechung der Aberrationen wird gebracht, und auf eine kurze Behandlung einzelner Instrumente folgen zwei Kapitel über Strahlenbegrenzung ganz moderner Art mit Anwendung auf die verschiedenen Typen von Instrumenten, und im Zusammenhang damit eine Darstellung der Lehre von der Strahlungsvermittlung. Schließlich geht er auch noch auf die Aberrationen ein und bringt mit Hilfe der Abbeschen Invariantenmethode die Ableitung der sphärischen Aberration eines Achsenpunkts, der Asymmetrie (der Komaformel), der Ausdrücke für die Krümmungen der beiden astigmatischen Bildschalen, der Petzval-Coddingtonschen Formel und der Verzeichnung. Daran schließt sich noch ein Kapitel über die Durchführung verschiedener Korrektionen an optischen Instrumenten, auf das dann das bereits erwähnte Schlußkapitel über das Eikonal folgt.

Es soll nicht mit Stillschweigen übergangen werden, daß der Verfasser sehr häufig an gut gewählten Beispielen Anwendungen der allgemein abgeleiteten Formeln darbietet und damit die Darstellung in wünschenswerter Weise belebt.

Dem Verlage ist nur zu wünschen, daß das zweite Bändchen (*Instruments d'optique, Mesures*), das noch in Vorbereitung ist, sich ebenbürtig diesem seinem Vorgänger an die Seite stellen möge. *M. v. Rohr.*

H. Löschner, Geschichte der Längen- und Flächenmaße mit besonderer Berücksichtigung der österreichischen Verhältnisse. Erweiterter S.-A. aus *„Österr. Wochenschr. für den öffentl. Baudienst“. Heft 43—45. 1912.* 8°. 55 S. Brünn, Winiker.

Man wird in einer Broschüre von 3 bis 4 Bogen keine pragmatische Universal-Geschichte der Längen- und Flächenmaße bieten können; von vielen Teilen der Schrift erhält man denn auch den Eindruck mehr oder weniger zufälliger Notizen oder Kollektaneen. Mehr Zusammenhang gewinnt aber die Darstellung in der zweiten Hälfte des Abschnitts I (S. 18—33), der sich mit den frühern Maßverhältnissen in Österreich beschäftigt, und es finden sich in diesem für die Geschichte der niedern Geodäsie willkommenen Stück auch einige interessante Abbildungen. Die „Entstehungsgeschichte des metrischen Maßsystems“, Abschnitt II, ist nur ganz kurz gegeben, etwas ausführlicher die Einführung des Systems in Österreich, wobei über die Maß- und Gewichtsordnung von 1871, die Errichtung der k. k. Normal-Eichungskommission (Febr. 1872) und die von ihr erlassene Eichordnung (Dez. 1872) und die wichtigern seitherigen Abänderungs-Gesetze und -Verfügungen berichtet wird, ebenso über das neue österreichische Meterprototyp Nr. 15, die in Österreich vorgeschriebenen abgekürzten Maßbezeichnungen usf. Die ganz kurzen Abschnitte III, IV, V geben Notizen über das englische Maßsystem, einige Etymologien älterer Maßbezeichnungen, endlich Quellenverzeichnis zu Abschnitt I bis III (wobei freilich auch aus neuerer Zeit Quellen von sehr verschiedenem Wert angeführt sind). *Hammer.*

Notiz.

Zu dem Referat in *dieser Zeitschr.* **33.** *S. 59. 1913* über Hamys Apparat zur Regulierung der Temperatur am Spektrographen der Pariser Sternwarte wäre noch nachzutragen, daß einen ähnlichen Apparat schon bedeutend früher Prof. J. Hartmann für einen der Spektrographen des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam konstruiert hat (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 313. 1903*). Die Hartmannsche Einrichtung ist seither schon mehrmals, z. B. in Bonn, Pulkowa und an amerikanischen Sternwarten, in Anwendung gekommen. *Rheden.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. F. R. **Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. **Krüss**, Prof. Dr. R. **Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. F. **Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **Juni 1913.** Sechstes Heft.

Die günstigste Anwendungsart des Hartmannschen Objektiv-Prüfungsapparates.

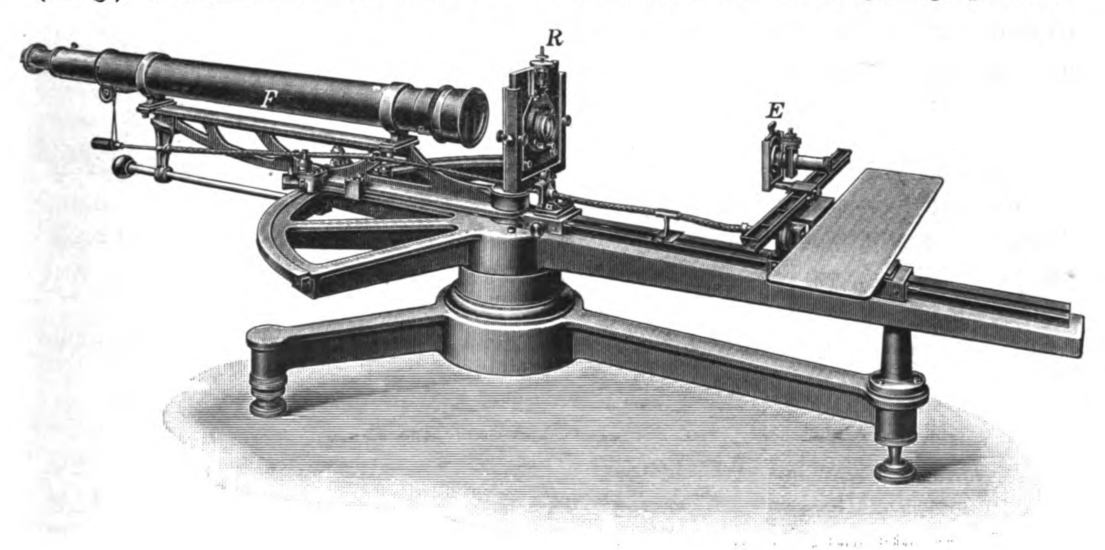
Von

H. Faßbender.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Prinzipiell kann der Hartmannsche Objektiv-Prüfungsapparat bei der Untersuchung von Objektiven nach drei verschiedenen Methoden verwandt werden. Diese sind von Hartmann in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 109. 1904* ausführlich beschrieben worden, so daß sie im folgenden nur kurz charakterisiert zu werden brauchen.

1. Bei der ersten Methode wird das Hartmannsche Fernrohr vom Apparat abgenommen, also, im Gegensatz zu den beiden anderen, kein Vergleichsobjektiv beansprucht. Die den Lichtpunkt darstellende Blende muß möglichst weit vom Apparat entfernt sein. Das zu untersuchende Objektiv befindet sich im ersten Rahmen *R* (s. Fig.). Das Okular-Schraubenmikrometer bzw. die Kassette mit der photographischen



Platte trägt der zweite Rahmen *E*. Wegen des endlichen Abstands des Lichtpunkts müssen die Resultate auf unendlichen Objektabstand umgerechnet werden. Bei Anwendung dieser Methode muß ein zur Brennweite langer Raum zur Verfügung stehen.

2. Bei der zweiten Methode wird in den Rahmen *E* die als Lichtpunkt dienende Blende eingeschoben, die sich in der Brennebene des zu untersuchenden Objektivs befindet. Das bei dieser und der folgenden Methode verwandte Hilfsfernrohr *F* trägt

ein Okular-Schraubenmikrometer bzw. eine Kassette zur Aufnahme der photographischen Platte. Das zu untersuchende Objektiv befindet sich auch hier im Rahmen *R*. Wegen des umgekehrten Strahlengangs — das Licht kommt von dem zu untersuchenden Brennpunkt — wird diese Methode von Hartmann als Umkehrmethode bezeichnet.

3. Bei der dritten Methode trägt das auf unendlich eingestellte Hilfsfernrohr an Stelle des Okulars eine Blende. Das zu untersuchende Objektiv befindet sich wieder im Rahmen *R*. In dem Rahmen *E* wird das Okular-Schraubenmikrometer, bzw. der Kassettenhalter befestigt.

Von diesen drei Methoden kommt die erste wegen des notwendigen sehr großen Raumes seltener zur Anwendung.

Im folgenden sollen die Vorteile und Nachteile der zweiten und dritten Methode gegeneinander abgewogen werden. Wir werden sehen, daß man keiner der beiden Methoden schlechtweg den Vorzug geben kann, sondern daß man in bestimmten Fällen die eine, in gewissen Fällen die andere Methode vorteilhafter verwenden kann.

Um die Ausdrucksweise zu vereinfachen, ist dabei stets angenommen, daß die Hartmannschen Bilder photographiert und erst die Photogramme ausgemessen werden.

Es seien F und f die Brennpunkte des zu untersuchenden, bzw. des Normalobjektivs, F' und f' die konjugierten Punkte in der Nähe von F und f; dann verhält sich nach einem bekannten Satz der geometrischen Optik

$$\frac{ff'}{FF'} = \frac{\bar{f}^2}{\bar{F}^2},$$

wo $\bar{f}$ und $\bar{F}$ die Brennweiten bedeuten. Dieser Satz wird bei der Umkehrmethode angewandt. Der Lichtpunkt befindet sich im mittleren Brennpunkt des zu untersuchenden Objektivs, während der konjugierte Punkt jenseits des Normalobjektivs durch intra- und extrafokale Aufnahmen untersucht wird. Hat das zu untersuchende Objektiv für eine bestimmte Zone und Wellenlänge eine Fokusdifferenz ff', so hat der konjugierte Punkt von dem Brennpunkt des Normalobjektivs eine Fokusdifferenz von $ff' \cdot \frac{\bar{F}^2}{\bar{f}^2}$.

Hieraus geht hervor, daß bei Verwendung der Umkehrmethode die Fehler in der Vereinigungsweite allerdings im Verhältnis der Quadrate der Brennweiten beider Objektive vergrößert werden. *Wie wir im folgenden sehen werden, nimmt jedoch die Genauigkeit in der Bestimmung der Fehler eines Objektivs bei Anwendung der Umkehrmethode nicht quadratisch, sondern nur linear in dem angegebenen Verhältnis zu.*

In der üblichen Bezeichnungsweise lautet die Formel für die Vereinigungsweite

$$V = \frac{e_1}{e_1 + e_2}(A_2 - A_1). \qquad 1)$$

Hierin bedeutet bekanntlich e_1 den Abstand der intra- und e_2 den Abstand der extrafokalen Punkte; $(A_2 - A_1)$ den Abstand der intra- und extrafokalen Ebene, in denen die Aufnahmen erfolgen. Wenn e_1 infolge einer fokalen Differenz kleiner wird, so wird e_2 ungefähr um die gleiche Strecke größer, und umgekehrt, so daß der Nenner des Bruchs als konstant angenommen werden darf. Es ist somit

$$V + dV = \frac{e_1 + de_1}{e_1 + e_2}(A_2 - A_1). \qquad 2)$$

Aus 1) und 2) ergibt sich durch Subtraktion

$$dV = c \cdot de_1 (A_2 - A_1).$$

wo $c = \text{const.} = \frac{1}{e_1 + e_2}$ ist. Nach obigem Satz wird bei der Umkehrmethode dieses dV im Verhältnis $\frac{F^2}{f^2}$ vergrößert, also gilt für die Umkehrmethode

$$d\overline{V} = \overline{c} \cdot d\overline{e}_1 (\overline{A}_2 - \overline{A}_1) = c \cdot de_1 (A_2 - A_1) \frac{F^2}{f^2}, \qquad 3)$$

wo $\overline{c} = \frac{1}{\overline{e}_1 + \overline{e}_2}$.

Machen wir jetzt die Annahme, daß die Hartmannschen Bilder bei der Umkehrmethode gerade so groß sind als bei Anwendung der dritten Methode, bei der paralleles Licht auf das zu untersuchende Objektiv auffällt, und diesseits und jenseits des Brennpunkts *dieses* Objektivs extrafokale Aufnahmen gemacht werden, so muß sein

$$\overline{c} = c \quad \text{und} \quad (\overline{A}_2 - \overline{A}_1) = (A_2 - A_1) \frac{F}{f}.$$

Setzt man diese Werte für $\overline{c}$ und $(\overline{A}_2 - \overline{A}_1)$ in Gl. 3) ein, so erhält man

$$d\overline{V} = c \cdot d\overline{e}_1 (A_2 - A_1) \frac{F}{f} = c \cdot de_1 (A_2 - A_1) \frac{F^2}{f^2}.$$

Hieraus folgt, daß

$$d\overline{e}_1 = de_1 \cdot \frac{F}{f}$$

ist. Die Veränderung des Abstands zweier Punkte auf den Hartmannschen Bildern wird also bei der Umkehrmethode nur im linearen Verhältnis der Brennweiten vergrößert. Bei der Berechnung der Vereinigungsweiten wird diese Größe allerdings mit $(\overline{A}_2 - \overline{A}_1)$, also einer Größe multipliziert, die ebenfalls F/f proportional ist. Aber hierdurch wird der mittlere Fehler in der Messung von $d\overline{e}_1$ ebenfalls vergrößert, so daß die Genauigkeit nicht geändert wird.

Jedenfalls liegt aber auch in der Vergrößerung der Genauigkeit im linearen Verhältnis der Brennweiten ein großer Vorteil der Umkehrmethode, und ihr gegenüber käme die dritte Methode kaum in Betracht, *wenn nicht bei der Umkehrmethode die Helligkeit und die Abbildung weniger günstig wären als bei der dritten Methode.*

Dies soll im folgenden gezeigt werden. Die Verhältnisse sollen dabei gleichzeitig an einem Zahlenbeispiel veranschaulicht werden. Die Beugung infolge der engen Blendenöffnungen wird dabei nicht berücksichtigt. Einmal wirkt sie bei beiden Methoden im gleichen Sinn, dann aber hat das Experiment gezeigt, daß bei geeigneter Wahl für den Abstand der extrafokalen Lagen vom Fokus eine Vergrößerung der extrafokalen Punkte durch Beugung nicht eintritt.

Wir gehen aus von der dritten Methode. Das Normalobjektiv habe die Brennweite $F = 1500$ *mm*, das zu untersuchende Objektiv die Brennweite $f = 500$ *mm*. Im Brennpunkt des als Kollimator verwandten Hilfsfernrohrs mit dem Normalobjektiv befindet sich ein Lichtpunkt mit einem Durchmesser $2\,r = 0{,}45$ *mm*. Der Bildpunkt hat alsdann einen Durchmesser $2\,R = 2\,r\,.\,f/F = 0{,}15$ *mm*. Um einen Vergleich der beiden Methoden zu erleichtern, nehmen wir an, daß der Bildpunkt bei der Umkehrmethode ebenfalls den gleichen Durchmesser hat, $2\,R' = 0{,}15$ *mm*.

Alsdann muß der Durchmesser $2\,r'$ des Lichtpunkts $\frac{2\,R'\,.\,f}{F} = 0{,}05$ *mm* betragen. Hieraus ergibt sich bereits eine technische Schwierigkeit bei Anwendung der Umkehrmethode, da man Blenden von so kleinem Lochdurchmesser schwer herstellen kann. Man kann sich so helfen, daß man eine Blende von 0,25 *mm* Durchmesser mit Hilfe

eines Mikroskopobjektivs fünffach verkleinert und dieses verkleinerte Bild als Lichtpunkt benutzt. Wegen der geringen Brennweite dieses Objektivs kann man die Fehler in der Abbildung vernachlässigen.

Weiter werde angenommen, daß auch der Abstand der extrafokalen Punkte in beiden Fällen gleich ist. Alsdann muß also der Fokus von der für die Aufnahme gewählten extrafokalen Ebene prozentisch den gleichen Betrag der gesamten Brennweite ausmachen. Weiter sei die Flächenhelligkeit der Lichtpunkte die gleiche.

Ist der Durchmesser der Löcher der Hartmannschen Blende in beiden Fällen $2\varrho = 1$ *mm*, so berechnet sich der Durchmesser der Hartmannschen intrafokalen Punkte in beiden Fällen für obiges Zahlenbeispiel zu

$$2\sigma = 2\sigma' = 2R + (2\varrho - 2R)\frac{1}{n} = 0{,}15 + (1 - 0{,}15)\frac{1}{n},$$

wenn der Abstand der intrafokalen Punkte vom Fokus den $n$ten Teil der Brennweite beträgt.

Für $n = 5$ ist $2\sigma = 2\sigma' = 0{,}32$ *mm*.

Der Durchmesser der Hartmannschen extrafokalen Punkte beträgt

$$2\bar{\sigma} = 2\bar{\sigma}' = 2R + \frac{2\varrho + 2R}{n}.$$

Für unser Zahlenbeispiel ist

$$2\bar{\sigma} = 0{,}15 + \frac{1 + 0{,}15}{5} = 0{,}38 \text{ mm}.$$

Nun ist aber der Lichtfluß, der im Fall der dritten Methode durch ein Loch der Hartmannschen Blende geht, proportional

1. der Fläche des Lichtpunktes $r^2\pi$,
2. der Fläche der Löcher in der Hartmannschen Blende $\varrho^2\pi$,
3. der Flächenhelligkeit des Lichtpunktes h und endlich
4. umgekehrt proportional dem Quadrat der Brennweite F des Normalobjektivs

insgesamt proportional dem Ausdruck

$$r^2 \cdot \pi \cdot \varrho^2 \cdot \pi \cdot h \cdot \frac{1}{F^2} = \frac{0{,}225^2 \cdot 0{,}5^2}{1500^2} \cdot \pi^2 \cdot h.$$

Bei der Umkehrmethode sind in diesen Ausdruck nur die entsprechenden anderen Größen einzusetzen, man erhält

$$r'^2 \cdot \pi \cdot \varrho^2 \cdot \pi \cdot h \cdot \frac{1}{f^2} = \frac{0{,}025^2 \cdot 0{,}5^2}{500^2} \cdot \pi^2 \cdot h.$$

Der Lichtfluß durch ein Loch der Hartmannschen Blende ist also bei der dritten Methode um das $\frac{r^2}{r'^2} \cdot \frac{f^2}{F^2}$ fache größer.

Alle ein Loch der Hartmannschen Blende passierenden Strahlen durchdringen auch den betreffenden extrafokalen Punkt, so daß auch für die Summe der in beiden Methoden auf einen solchen Punkt auffallenden Strahlen das gleiche Verhältnis gilt.

Da nach obiger Annahme die Größe der Bildpunkte bei beiden Methoden gleich sein soll, so müssen die Beleuchtungsstärken im gleichen Verhältnis stehen. Auch vereinfacht sich bei dieser Annahme der Ausdruck $\frac{r^2}{r'^2} \cdot \frac{F^2}{f^2}$. Es ist nämlich

$$R^2 \cdot \pi = R'^2 \cdot \pi, \text{ folglich } \frac{r^2 \cdot \pi \cdot f^2}{F^2} = \frac{r'^2 \cdot \pi \cdot F^2}{f^2} \text{ oder } \frac{r^2}{r'^2} = \frac{F^4}{f^4}.$$

Folglich ist obiges Verhältnis $\frac{r^2}{r'^2} \cdot \frac{f^2}{F^2} = \frac{F^2}{f^2}$; für unser Zahlenbeispiel ist $\frac{F^2}{f^2} = 9$.

Bei der dritten Methode hat man also für die auf der photographischen Platte abgebildeten Hartmannschen Punkte eine Beleuchtungsstärke, die im Verhältnis der Quadrate der Brennweiten des Normalobjektivs und des zu untersuchenden Objektivs größer ist als bei der Umkehrmethode.

Man könnte daran denken, den Lichtpunkt oder den Lochdurchmesser in der Hartmannschen Blende oder beide zu vergrößern, um auch bei Anwendung der Umkehrmethode die gleiche Beleuchtungsstärke wie bei der dritten Methode zu erhalten.

Vergrößert man zunächst den Durchmesser des Lichtpunktes auf das Vierfache, also $2\,r' = 0{,}2$ *mm*, so wird der Lichtfluß durch ein Loch der Hartmannschen Blende nach der Formel auf S. 180 16 mal größer. Gleichzeitig wird aber der Durchmesser des Bildpunktes $2\,R' = 0{,}6$ *mm* und der Durchmesser des intrafokalen Punktes

$$2\,\sigma' = 0{,}6 + (1 - 0{,}6)\,\frac{1}{5} = 0{,}68\ mm\,.$$

Die Fläche des intrafokalen Punktes wird also auf das $\frac{0{,}68^2}{0{,}32^2}$ fache vergrößert, die Beleuchtungsstärke somit nur auf das $16 \cdot \frac{0{,}32^2}{0{,}68^2} = 3{,}6$ fache erhöht, während die dritte Methode die 9fache Beleuchtungsstärke gibt.

Andererseits wird der Durchmesser des extrafokalen Punktes

$$2\,\bar{\sigma}' = 0{,}6 + \frac{1 + 0{,}6}{5} = 0{,}92\ mm\,.$$

Die Fläche des extrafokalen Punktes wird somit auf das $\frac{0{,}92^2}{0{,}38^2}$ fache vergrößert, während die Beleuchtungsstärke nur auf das $16 \cdot \left(\frac{0{,}38}{0{,}92}\right)^2 = 2{,}73$ fache erhöht wird.

Wegen der Vergrößerung der Durchmesser der extra- und intrafokalen Punkte wird aber auch die Genauigkeit beim Ausmessen der Strecken e bereits wesentlich herabgedrückt, eine stärkere Vergrößerung des Lichtpunkts erscheint daher unzulässig.

Vergrößert man andererseits den Durchmesser der Löcher in der Hartmannschen Blende, wird also $2\,\varrho' = 2$ *mm*, so bleibt der Durchmesser des fokalen Punktes unverändert, während der Durchmesser des intrafokalen Punktes auf den Betrag

$$2\,\sigma' = 0{,}15 + (2 - 0{,}15)\,\frac{1}{5} = 0{,}52\ mm$$

anwächst. Der Lichtfluß durch ein Loch der Hartmannschen Blende wird zwar wegen der Verdopplung ihres Durchmessers auf das 4fache erhöht, gleichzeitig aber die Fläche des intrafokalen Punktes auf das $\left(\frac{0{,}52}{0{,}32}\right)^2$ fache vergrößert. Die Beleuchtungsstärke am Ort der intrafokalen Punkte wächst also nur auf das $4 \cdot \left(\frac{0{,}32}{0{,}52}\right)^2 = 1{,}58$ fache. Dieser Gewinn spielt gegenüber der geringeren Genauigkeit infolge des größeren Durchmessers der intrafokalen Punkte kaum eine Rolle.

Analog verhält es sich mit den extrafokalen Punkten. Es ist

$$2\,\bar{\sigma}' = 0{,}15 + \frac{2 + 0{,}15}{5} = 0{,}15 + \frac{2{,}15}{5} = 0{,}58\ mm\,.$$

Die Fläche des extrafokalen Punktes wächst also auf das $\left(\frac{0{,}58}{0{,}38}\right)^2$ fache, und somit wird die Beleuchtungsstärke für die extrafokalen Punkte nur auf das $4 \cdot \left(\frac{0{,}38}{0{,}58}\right)^2 = 1{,}72$ fache

vergrößert. Den Durchmesser der Löcher noch größer zu wählen, ist im Interesse einer präzisen Definition der Zone kaum statthaft, ganz abgesehen davon, daß hierdurch die Genauigkeit beim Ausmessen der gleichzeitig wachsenden intra- und extrafokalen Bilder eine immer geringere würde.

Eine relativ starke Erhöhung der Beleuchtungsstärke erhält man, wenn man sowohl den Lichtpunktdurchmesser als auch den Lochdurchmesser in der Hartmannschen Blende vergrößert.

Vervierfacht man den Lichtpunktdurchmesser, wird also $2\,r' = 0{,}2$ *mm* und $2\,R' = 0{,}6$ *mm*, und verdoppelt man gleichzeitig den Durchmesser der Hartmannschen Blende auf $2\,\varrho' = 2$ *mm*, so ist der Durchmesser der intrafokalen Punkte

$$2\,\sigma' = 0{,}6 + (2 - 0{,}6)\,\frac{1}{5} = 0{,}6 + 1{,}4 \cdot 0{,}2 = 0{,}88\ mm.$$

Wie man leicht erkennt, wird die Beleuchtungsstärke auf das $16 \cdot 4 \cdot \left(\frac{0{,}32}{0{,}88}\right)^2 = 8{,}4$ fache erhöht.

Der Durchmesser der extrafokalen Punkte berechnet sich zu

$$2\,\bar{\sigma}' = 0{,}6 + \frac{2 + 0{,}6}{5} = 1{,}12\ mm.$$

Die Beleuchtungsstärke wird also auf das $16 \cdot 4 \cdot \left(\frac{0{,}38}{1{,}12}\right)^2 = 7{,}37$ fache erhöht.

Man kommt also alsdann auf nicht ganz die gleiche Beleuchtungsstärke wie bei der dritten Methode. Gleichzeitig ist der Durchmesser der extrafokalen Punkte fast auf den dreifachen Betrag angewachsen. Durch die dadurch bedingte Vergrößerung in dem mittleren Fehler bei der Messung der Strecken e dürfte die an und für sich dreimal größere Genauigkeit der Umkehrmethode aufgehoben werden. Außerdem hat die Vergrößerung der Löcher in der Hartmannschen Blende den Nachteil, daß die untersuchte Zone weniger exakt definiert ist, und eine geringere Anzahl von Zonen untersucht werden kann.

Aus diesen Darlegungen kann man für die Bewertung der beiden verglichenen Methoden folgenden Schluß ziehen:

Legt man Wert auf eine relativ gute Beleuchtungsstärke (bei photographischen Aufnahmen im Gelb und Rot ist man dazu gezwungen, um nicht zu äußerst großen Belichtungszeiten zu kommen), so dürfte der dritten Methode, bei der das Hilfsfernrohr als Kollimator dient, gegenüber der Umkehrmethode der Vorzug zu geben sein. Will man andrerseits z. B. die sphärische Aberration eines Objektivs für optisch wirksames Licht durch *direktes Ausmessen* der Hartmannschen Bilder mit dem Okularmikrometer oder für *photographisch stark wirksames Licht* durch *Ausmessen der Photographien* bestimmen, so besitzt die Umkehrmethode den Vorzug, da man in diesen Fällen nicht gezwungen ist, auf eine möglichst hohe Beleuchtungsstärke der Hartmannschen Bilder Wert zu legen, und man deshalb die an und für sich $\frac{F}{f}$-fache Erhöhung der Genauigkeit voll ausnutzen kann.

Da es in der Praxis oft genügen dürfte, die sphärische Aberration eines Fernrohrobjektivs nur für optisch wirksames Licht, eines photographischen Objektivs nur für photographisch besonders wirksames Licht zu untersuchen, so wird sich für die Umkehrmethode ein weites Anwendungsgebiet ergeben, wenn man im ersten Fall die Bilder mit dem Okularmikrometer direkt ausmißt und im zweiten Fall zunächst Photographien der extrafokalen Bilder herstellt. Oft kann man sich damit nicht begnügen, sondern muß die sphärische Aberration eines Objektivs für mehrere über das ganze

Spektrum verteilte Farben bestimmen. Will man alsdann die Versuchsergebnisse in Photogrammen der extrafokalen Bilder festlegen, so wird es sich empfehlen, durchweg die dritte Methode anzuwenden, da man für die photographisch wenig wirksamen gelben und roten Farben hierzu doch gezwungen ist.

Untersee-Spektrograph.

Von

C. Leiss.

(Mitteilung aus der mechanisch-optischen Werkstätte von R. Fuess, Berlin-Steglitz.)

Die Konstruktion des nachstehend beschriebenen Apparates geschah auf Veranlassung und nach Vorschlägen des Herrn Prof. Rudolf Bertel in Pilsen durch die Firma R. Fuess in Steglitz.

Der Apparat dient für qualitative Untersuchungen des Lichtes bei verschiedenen Tiefen des Meeres, insbesondere zur Erforschung der in den verschiedenen Meerestiefen noch vorhandenen Lichtarten. Über die mit dem einen der beiden für das Ozeanographische Institut in Monaco ausgeführten Apparate angestellten Untersuchungen hat Prof. Bertel in den *Annales de l'Institut Océanographique 1911* berichtet. Diese Untersuchungen erstreckten sich bis zu Tiefen von 600 *m* und zeigen, daß mit zunehmender Tiefe die weniger brechbaren Strahlen, also der rote Teil des Spektrums, eine merkliche Lichtschwächung oder Absorption erleidet, die stärker brechbaren Lichtstrahlen hingegen noch in beträchliche Tiefen eindringen. In Tiefen von mehr als 200 *m* hat Prof. Bertel hauptsächlich noch Licht nachzuweisen vermocht, welches zwischen den Wellenlängen 500 $\mu\mu$ und 400 $\mu\mu$ liegt.

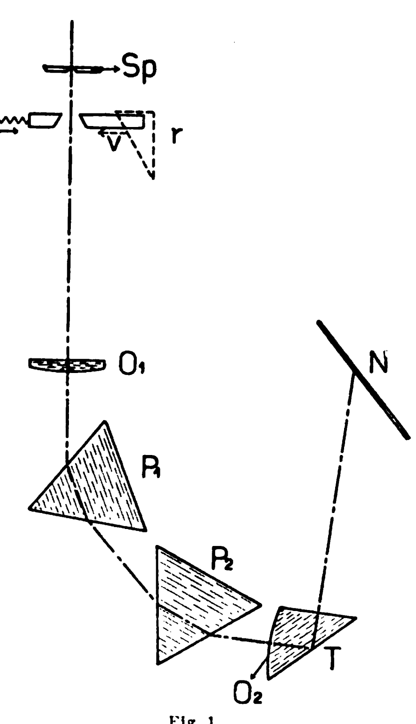


Fig. 1.

Beschreibung. Der Apparat besteht in der Hauptsache aus dem eigentlichen Spektrographen und einer diesen umgebenden Schutzhülle, in welcher der Spektrograph selbst mit 4 kräftigen Schrauben befestigt ist. — Fig. 1 zeigt die optische Anordnung des Apparates, Fig. 2 die perspektivische Ansicht des freigelegten, aus seiner Schutzhülle herausgenommenen Spektrographen und die Fig. 3 den kompletten Apparat. *Sp* ist der mikrometrisch verstellbare Spalt, O_1 das Kollimatorobjektiv, P_1 und P_2 die das Dispersionssystem bildenden Prismen mit einem brechenden Winkel von 60°, *T* ein total reflektierendes Prisma, dessen eine Kathetenfläche einen konvexen Schliff besitzt und so gleichzeitig als das Kameraobjektiv O_2 wirkt. *N* ist die photographische Platte, die mit Rücksicht auf die nicht achromatischen Linsen O_1 und O_2 eine entsprechende Neigung zur Linsenachse besitzen muß.

Alle optischen Bestandteile — Linsen und Prismen — sind aus dem ultraviolettdurchlässigen Uviolglas angefertigt. Zur Erzielung einer noch größeren Lichtdurchlässigkeit könnten die Prismen und Linsen auch aus Quarz angefertigt werden.

Die Objektive haben bei einem Durchmesser von 30 *mm* ein Öffnungsverhältnis von 1 : 4.

Die Kameralinse O_2 entwirft auf der photographischen Platte ein Spektrum von etwa $2^1/_2$ *cm* Länge. Das Kollimatorobjektiv O_1 ist mit Hilfe eines geteilten Ringes zur genauen Fokussierung des Spektrums in der Ebene der Platte N verschiebbar. Die Teilung auf der Trommel der Mikrometerschraube des Spaltes gibt die Spaltbreite auf 0,01 *mm* an. Ein unter dem Spalt befindlicher federnder Schieber bildet eine Art automatischen Verschluß, dessen Zweck und Funktion später noch besprochen werden wird.

Die *Kassette* ist für ein Plattenformat von $4^1/_2 \times 6$ *cm* eingerichtet und ist in einen Schlitten einschiebbar, welcher gestattet, auf ein und dieselbe Platte 7 nebeneinanderliegende Aufnahmen zu machen.

Die aus zwei Teilen bestehende *Schutzhülle* ist aus Rotguß und hat eine Wandstärke von $1^1/_2$ *cm*. Versteifungsrippen dienen zur Erhöhung und Stabilität

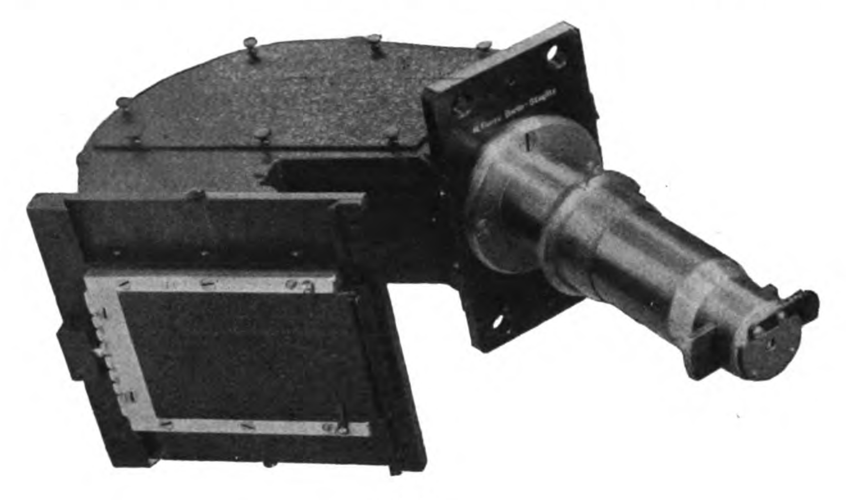


Fig. 2.

der Schutzhülle. Verbunden werden beide Hälften der Schutzhülle durch 14 kräftige Schraubenbolzen. Die Abdichtung zwischen den beiden etwa $3^1/_2$ *cm* breiten und mit Riefen versehenen Flächen erfolgt durch ein dazwischen liegendes gut gefettetes Leder.

Der obere Teil der Schutzhülle trägt den äußeren Mechanismus für die Regelung der Expositionszeiten (s. Fig. 3); sie besteht in der Hauptsache aus einer mit einer Lichtöffnung versehenen Exzenterscheibe, welche durch eine Spiralfeder in bestimmter Lage erhalten bleibt. Der Rand der Exzenterscheibe ist mit zwei Zahneingriffen für einen federnden Sperrzahn versehen. Beide Eingriffe liegen auf zwei verschieden großen Kreisbogen. Fig. 3 zeigt den geschlossenen Verschluß, der Sperrzahn liegt dabei in dem Eingriff ein, welcher sich in dem kleineren Bogensegment befindet. Betätigt wird der Verschluß durch die beiden seitlich in Fig. 3 abgebildeten Fallgewichte, welche an dem Kabel des Apparates entlanggleiten und gegen die schräge Fläche des aufrecht stehenden Sperrzahnfortsatzes drücken. Das kleinere Fallgewicht, welches den Sperrzahn auslöst, bewirkt ein Öffnen des Verschlusses und gestattet dem Licht den Eintritt in den Spektrographen. Der Sperrzahn steht dann mit dem größeren Bogensegment im Eingriff. Das größere Fallgewicht ist so eingerichtet, daß

es sich mit seinem unteren dicken Ende über das kleine Fallgewicht stülpen kann, so daß es, wenn heruntergelassen, von neuem den Sperrzahn auslöst, die Exzenterscheibe dreht und damit wieder ein Verschließen der Lichtöffnung bewirkt.

Unter dem Verschlußmechanismus befindet sich ein luftdicht eingekittetes Quarzfenster von etwa 8 *mm* Dicke.

Das Kabel, etwa 7 *mm* dick, geht durch die vor dem senkrechten Fortsatz des Sperrzahnes gelegene Öffnung der oberen Verschlußplatte, ist dann durch die drei in der Rippe der Schutzhülle sichtbaren Löcher (Fig. 3) gezogen und das letzte Kabelende dann schließlich mit einer kräftigen, an der Rückseite der Rippe befindlichen Schraube befestigt.

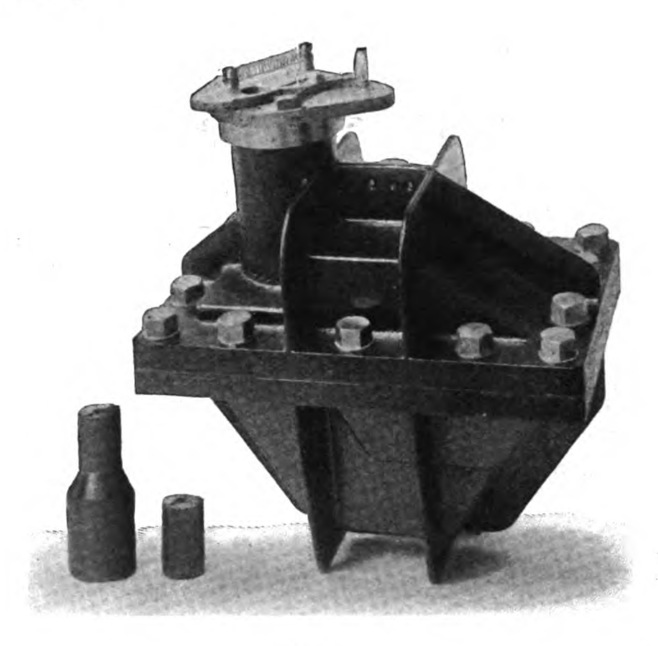


Fig. 3.

Die *Handhabung des Apparates* an Bord eines Schiffes vollzieht sich etwa wie folgt: Man befestigt zunächst den Apparat, wie oben angegeben, an dem Kabel, schraubt die 14 Bolzen, welche die beiden Schutzhüllenhälften verbinden, heraus, nimmt recht sorgfältig die obere Hälfte — den Deckel — ab und legt ihn zur Seite. Nunmehr führt man die geladene Kassette ein und reguliert den Spalt auf die erforderliche oder erwünschte Weite (z. B. auf 0,1 *mm* bei geringeren Tiefen und auf 0,2 bis 0,3 *mm* bei größeren Tiefen). Man zieht alsdann den Kassettenschieber heraus, setzt die obere Hälfte der Schutzhülle wieder auf die untere und schraubt die beiden Hälften der Schutzhülle wieder derart zusammen, daß alle Schraubenbolzen so fest als möglich angezogen sind.

Beim Aufsetzen der oberen Hälfte der Schutzhülle darf nicht versäumt werden, vorher die Exzenterscheibe zu spannen (Sperrzahn im ersten Eingriff), das unter ihr liegende Quarzfenster also zu verschließen, weil sonst bereits eine Belichtung der Platte eintritt, ehe der Apparat ins Wasser gelassen ist.

Damit der Sperrzahn nicht einmal durch irgend eine Unvorsichtigkeit oder dgl. ausgelöst werden kann, ehe sich der Apparat im Wasser befindet, ist am Hebel des Sperrzahnes noch ein besonderer Sicherungsstift angebracht, welcher, mit einem

Kettchen versehen, ständig am Apparat bleibt und nur kurz vor dem Herunterlassen ins Wasser herausgezogen wird.

Der eigentliche Spektrograph bleibt, wenn er aus der Schutzhülle herausgenommen ist, stets dem Lichtzutritt automatisch verschlossen. Bewirkt wird dieser Verschluß durch einen kleinen, unter dem Spalt angebrachten federnden Schieber *v* (Fig. 1). Das Öffnen des Verschlusses erfolgt — ebenfalls automatisch — erst in dem Augenblick, in welchem die obere Hälfte der Schutzhülle über den Spektrographen bzw. sein Kollimatorrohr gestülpt ist durch einen im Innern der Hülle befindlichen, schräg ausgebildeten Vorsprung (Fig. 1). Eine vorzeitige Belichtung kann also niemals eintreten, wenn nicht der obere oder äußere Verschluß, die Exzenterscheibe geöffnet ist.

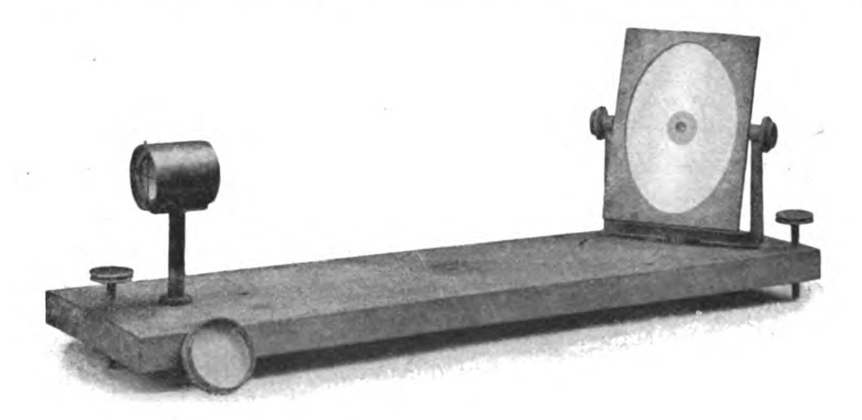
J. G. Repsold's Heliotrope von 1821.

Von

Dr. **Joh. A. Repsold** in Hamburg.

In dieser Zeitschrift (*17. S. 1. 1897*) wurde über J. G. Repsold's Heliotrope berichtet. Von der früheren und einfacheren Construction war aber damals nichts bekannt, als die im Jahre 1825 von Repsold mündlich an Baeyer gerichtete, a. a. O. wiedergegebene Beschreibung: ein Brett mit einem um eine verticale und eine horizontale Achse drehbaren, in der Mitte durchbohrten Spiegel an dem einen Ende, am anderen mit einem Fadenkreuz; dazu die Gebrauchsanweisung: „Richten Sie nun durch das „Loch im Spiegel das Fadenkreuz auf ein Object und drehen den Spiegel so, daß „der Schatten von dem Loch im Spiegel auf das Fadenkreuz fällt, so hat das Object „Licht."

Durch Zufall hat sich nun herausgestellt, daß drei mit dieser Beschreibung übereinstimmende Heliotrope sich, neben den drei a. a. O. wiedergegebenen von 1823,



im Besitze der Dänischen Gradmessung befinden. Eins derselben, welches uns durch die Güte des Herrn Generalmajor Madsen in Kopenhagen zur Ansicht gesandt wurde, ist hierbei im Bilde wiedergegeben.

Der in Höhe und Azimuth nur aus freier Hand bewegliche Spiegel hat eine elliptische Öffnung von 80 *mm* in der kleinen Achse und ist in der Mitte mit einer cylindrischen Durchbohrung von 7 *mm* Durchmesser versehen. Ein Diaphragma beschränkt die Visiröffnung auf 2 *mm*; concentrisch zu derselben ist die Belegung des

Spiegels auf 24 *mm* Durchmesser beseitigt und durch einen mattschwarzen Anstrich ersetzt worden. Als zweites Visir dient ein in ca. 0,40 *m* Abstand vom Spiegel auf gemeinsamer Unterlage (einem Brett von Buchenholz) aufgestelltes Rohrstück von 40 *mm* Durchmesser mit einem Drahtkreuz vor einer Endplatte von 28 *mm* Öffnung.

Hat man den Apparat so eingerichtet, daß Diaphragma und Kreuz auf die zu bestrahlende Station weisen, so ist der Spiegel in solche Lage zu bringen und darin zu erhalten, daß der Schatten des Loches im Spiegel auf das Kreuz fällt, wie es von Repsold vorgeschrieben wird.

Man kann auch den Spiegel dadurch in Richtung halten, daß man den Schatten der matten Fläche im Spiegel centrisch in der wenig größeren Öffnung der Platte hält. Eine vor die Rohröffnung zu steckende Kappe, die auf der inneren Planfläche mit weißem Papier belegt ist, soll wohl den Schatten darauf besser erkennen lassen; sie läßt aber der Station nur das Licht des äußeren Theils der Spiegelfläche. Von dieser Einrichtung spricht Repsold nicht, vermuthlich weil er die Einstellung des Lochschattens auf das Kreuz vorzog.

Den Zeitpunkt der Entstehung dieser einfachen Heliotrope wird man etwa auf die Mitte des Jahres 1821 setzen müssen. — Im Herbst 1820 hatte Gauß zuerst mit Repsold über die Benutzung eines Heliostaten für Vermessungen gesprochen; es folgten die im Januarheft 1897 dieser Zeitschrift wiedergegebenen Briefe vom 20. December 1820, vom 21. Mai und vom 19. Juni 1821, die aber Repsold nicht beantwortete, vermuthlich weil er wußte, daß Gauß schon in Göttingen ein Heliotrop herstellen ließ, das übrigens erst im Juli 1821 fertig wurde (Briefwechsel Gauß-Schumacher, Nr. 122).

Schumacher schreibt aber schon am 6. März 1821 an W. Struve von einem Heliotrop, das er benutzt habe, und fügt die im Januarheft 1897 wiedergegebene Skizze bei: mit Fernrohr, sonst dem oben abgebildeten ähnlich bis auf das fehlende Loch im Spiegel, das bequem, aber nicht nothwendig war; und Gauß gegenüber bemerkt er am 18. November 1821, er habe bei der Aligniirung und Verbindung seiner Basis kleine Heliotrope (Plural) mit dem größten Vortheil gebraucht. Das waren sehr wahrscheinlich die drei oben abgebildeten, während das einzelne, Struve gegenüber erwähnte, ein früherer Versuchsapparat gewesen sein wird. Das hier angewandte Fernrohr war vermuthlich für die Basismessung als unnöthig erkannt worden.

Danach ist anzunehmen, daß jene drei neuerdings in Kopenhagen wieder entdeckten einfachen Heliotrope zwischen März und November, also um Mitte 1821, entstanden sind.

Zu J. G. Repsold's Heliotropen von 1823, die durch Azimuth- und Höhenstellung sowohl des Spiegels, als auch, getrennt davon, des ganzen Visirstabes vervollkommnet wurden, sei noch bemerkt, daß sie ursprünglich mit kleineren Spiegeln scheinen versehen gewesen zu sein. Die jetzt an den Apparaten der Dänischen Gradmessung (genauer: an dem jetzt in Hamburg befindlichen Exemplar) vorhandenen haben 31 *mm* in der kleinen Achse der elliptischen Öffnung. Es haben sich aber unter alten Beständen unserer Werkstatt drei ähnliche Spiegel von nur 20 *mm* in der kleinen Achse gefunden, deren Haltungen früher den Visierstäben jener Apparate angepaßt gewesen sind. Es sind jetzt unbenutzte Schraubenlöcher an denselben noch vorhanden, die das erkennen lassen. Es ist danach anzunehmen, daß die kleineren Spiegel sich als nicht ganz ausreichend erwiesen hatten.

Optische Kalibrierungsmethoden für Barometer- und Thermometerröhren.

Von

S. W. Wicksell-Gyllenberg in Lund.

Um den inneren Durchmesser einer Glasröhre zu bestimmen, muß man den Abstand zwischen zwei parallelen Lichtstrahlen kennen, die von der Fläche der inneren Röhre reflektiert wurden oder sie tangieren[1]). Außerdem muß das Brechungsverhältnis des Glases bekannt sein. Der Abstand wird zweckmäßig auf einer Teilmaschine oder mit einer anderen geeigneten Meßvorrichtung mittels Mikroskop gemessen.

Das Brechungsverhältnis erhält man am leichtesten folgendermaßen: Die Röhre wird schräg gegen die Achse eines Mikroskops aufgestellt. Im Mikroskop wird der Abstand zwischen den von der äußeren und der inneren Fläche reflektierten Bildern einer in der Ebene der Röhre und der Achse des Mikroskops befindlichen Lichtquelle gemessen. Aus der Lage der Lichtquelle wird der Einfallswinkel des Strahles bestimmt. Wenn die Lichtquelle sich in hinreichend großem Abstand befindet, läßt sich der Winkel mit genügender Genauigkeit bestimmen.

Wenn zwei Messungen bei verschiedenen Einfallswinkeln gemacht werden, erhält man hinreichende Gleichungen, um das Brechungsverhältnis zu bestimmen.

1. Zylindrische Röhren.

Erste Methode. Zwei Lichtquellen oder abwechselnd dieselbe Lichtquelle werden in der Weise auf beiden Seiten der Glasröhre aufgestellt, daß sie in Hinsicht auf das Zentrum der Röhre und die Vertikallinie symmetrisch stehen. Dann wird der Abstand S der parallelen reflektierten Strahlen (Fig. 1) gemessen. Wenn die Lichtquellen in hinreichend großer Entfernung aufgestellt sind, wird der Winkel v (Fig. 1) mit genügender Genauigkeit bestimmt, weil der Durchmesser der Röhre im Vergleich zu dem großen Abstand der Lichtquelle sehr gering ist. Für Röhren von gewöhnlicher Dicke ist ein Abstand von etwa 2—3 *m* zweckmäßig.

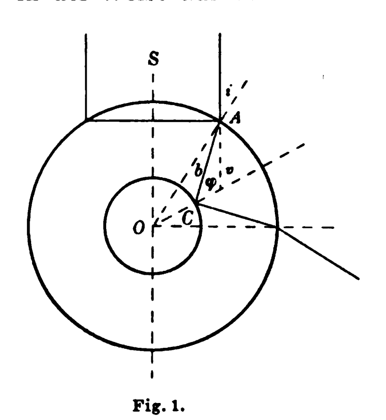


Fig. 1.

Wenn das Brechungsverhältnis n des verwendeten Glases bekannt ist, haben wir

$$\frac{\sin i}{\sin b} = n .$$

Hier ist

$$\sin i = \frac{S}{2R},$$

wenn $2R$ der äußere Durchmesser der Glasröhre ist.

Weiter also

$$\sin b = \frac{S}{2Rn} .$$

Im Dreieck OAC ist $OC = r$ und $OA = R$. Weiter gilt, wenn φ der Außenwinkel bei C ist,

[1]) Vgl. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 11. Aufl. S. 102. 1910.

$$\varphi = v - i + b$$

und

$$\frac{r}{\sin b} = \frac{R}{\sin \varphi}.$$

Aus der letzten Beziehung ergibt sich

$$\sin b = \frac{r \sin \varphi}{R},$$

und schließlich

$$n = \frac{\sin i}{\sin b} = \frac{S \cdot R}{2 R r \sin \varphi},$$

d. h.

$$r = \frac{S}{2 n \sin \varphi}. \qquad 1)$$

Zweite Methode. Mit der Zunahme des Winkels v wächst auch φ; bei einem gewissen Wert von v ist $\varphi = 90^0$, d. h. der Lichtstrahl tangiert dann den inneren Kreis. Es gilt dann

$$r = \frac{S}{2 n}. \qquad 2)$$

In diesem Falle ist es gut, die Röhre über einem Stück weißen Papieres, auf welchem schräge Bleistiftstriche gezogen sind, anzubringen. Die Begrenzung tritt dann besonders scharf hervor.

2. Unrunde Röhren.

Die gewöhnlich vorkommenden Barometer- und Thermometerröhren sind ihrer äußeren Form nach selten oder niemals zylindrisch. Besonders die Thermometerröhren sind häufig absichtlich elliptisch oder dreiflächig gemacht. Man kann jedoch trotzdem einen genauen Wert des Lumendurchmessers bekommen, vorausgesetzt, daß der Querschnitt des Lumens nicht allzuviel von der Kreisform abweicht.

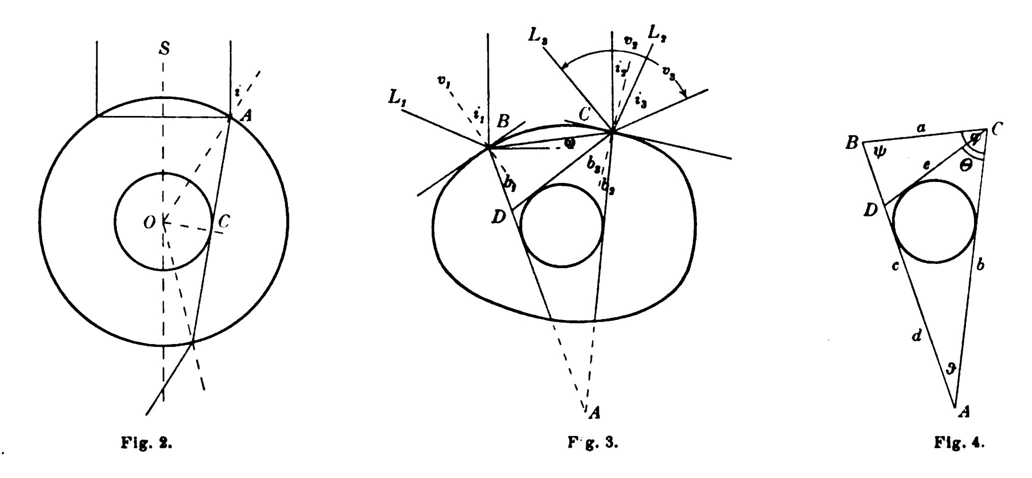


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Mit einem Diamanten oder einer scharfen Feilspitze macht man eine Marke auf einer beliebigen Stelle des Glasröhrchens. Die Röhre wird wie vorher auf die Teilmaschine gelegt und so gedreht, daß die Marke (C in Fig. 3) von einem bestimmten Punkt aus anvisiert, mit einer der Begrenzungslinien des Lumens zusammenfällt. Statt dessen kann man auch ein geeignetes Mikroskop verwenden und im Schnittpunkt seines Fadenkreuzes ein Ende der Marke mit der einen Begrenzungslinie des Lumens zur Deckung bringen. Hiernach wird eine Messung von S gemacht. Weiter werden

die Tangentialflächen in B und C in der Weise bestimmt, daß man die Reflexbilder zweier entfernten Lichtquellen L_1 und L_2 mit den scheinbaren Begrenzungslinien des Lumens zusammenfallen läßt. Die auf diese Weise bestimmten Winkel mit der Vertikallinie seien v_1 und v_2. Hiernach wird die Röhre so gedreht, daß der Punkt C die Lage des Punktes B einnimmt, d. h., daß die Marke von demselben Punkt aus wie vorher mit der anderen Begrenzungslinie des Lumens zusammenfällt. Man bestimmt die Tangentialfläche und den analogen dritten Winkel v_3 auf dieselbe Weise wie vorher.

Im Dreieck ACD (Fig. 4) ist r als Radius des eingeschriebenen Kreises bestimmt durch die Gleichung

$$r = \frac{2F}{d+b+e}.$$

Die Winkel des Dreiecks ABC sind:

$$\psi = 90 - i_1 + b_1 + \omega,$$

$$\varphi = 90 - \omega - i_2 + b_2, \quad \text{wo } \omega = \frac{i_1 - i_2}{2} \text{ gesetzt werden kann,}$$

$$\theta = b_3 + b_2.$$

Der Winkel bei A ist mit ϑ bezeichnet.

Wir bekommen folgende Ausdrücke für die Seiten:

$$b = a\frac{\sin\psi}{\sin\vartheta},$$

$$e = a\frac{\sin\psi}{\sin[180 - \psi - \varphi + \theta]},$$

$$d = b\frac{\sin\theta}{\sin[180 - \vartheta - \theta]} = a\frac{\sin\psi\sin\theta}{\sin\vartheta\sin[180 - \vartheta - \theta]}.$$

Ferner ist

$$F = \frac{bd}{2}\sin\vartheta,$$

oder

$$F = \frac{a\sin\psi}{\sin\vartheta}\,\frac{a\sin\psi\sin\theta\sin\vartheta}{2\cdot\sin\vartheta\sin[180 - \vartheta - \theta]}.$$

Hieraus folgt

$$r = \frac{\dfrac{a^2\sin^2\psi\sin\theta}{\sin\vartheta\sin(\vartheta+\theta)}}{\dfrac{a\sin\psi\sin\theta}{\sin\vartheta\sin(\vartheta+\theta)} + \dfrac{a\sin\psi}{\sin[180 - \psi - \varphi + \theta]} + \dfrac{a\sin\psi}{\sin\vartheta}}$$

$$= a\frac{\sin\psi\sin\theta\sin(\vartheta+\theta)\sin(\psi+\varphi-\theta)}{\sin(\vartheta+\theta)\left[\sin\theta\sin(\psi+\varphi-\theta) + \sin\vartheta\sin(\vartheta+\theta) + \sin(\psi+\varphi-\theta)\sin(\vartheta+\theta)\right]}.$$

Nun ist aber

$$\sin(\psi+\varphi-\theta) = \sin(\vartheta+\theta),$$

also

$$r = a\frac{\sin\psi\sin\theta}{\sin\theta + \sin(\psi+\varphi) + \sin(\psi+\varphi-\theta)}.$$

Ferner gilt $S = a\cdot\cos\omega$, worin ω klein und angenähert $= \frac{1}{2}(i_1 - i_2)$ ist, also

$$r = S\frac{\sin\psi\sin\theta}{\cos\frac{1}{2}(i_1 - i_2)\left[\sin\theta + \sin(\psi+\varphi) + \sin(\psi+\varphi-\theta)\right]},$$

$$r = S \frac{\sin\psi\, 2\sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{1}{2}(i_1 - i_2)\left[2\sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2} - 2\cos\frac{\theta}{2}\sin\left(\psi + \varphi - \frac{\theta}{2}\right)\right]}$$

$$= S \frac{\sin\psi\sin\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{1}{2}(i_1 - i_2)\left[\sin\frac{\theta}{2} + \sin\left(\psi + \varphi - \frac{\theta}{2}\right)\right]}$$

$$= \frac{S}{2}\,\frac{\sin\psi\sin\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{1}{2}(i_1 - i_2)\cdot\sin\frac{\psi+\varphi}{2}\cos\frac{\varphi+\psi-\theta}{2}}. \qquad 3)$$

Weil φ groß ist und $= \psi + \Delta\psi$, bekommt man

$$\sin\left(\psi + \frac{\Delta\psi}{2}\right) = \sin\psi,$$

und weil man $\cos{}^1/_2(i_1 - i_2)$ gleich 1 setzen kann, erhält man schließlich folgende angenäherte Formel:

$$r = \frac{S}{2}\,\frac{\sin\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{\psi+\varphi-\theta}{2}},$$

oder

$$r = \frac{S}{2}\,\frac{\sin\frac{b_2+b_3}{2}}{\sin\frac{i_1+i_2+b_2-b_1}{2}}. \qquad 4)$$

Um die auftretenden Fehler zu untersuchen, kann man die Formel differenzieren und bekommt dann, wenn man die größten Zahlenwerte der Winkel einsetzt,

$$dr = \frac{1}{S}dS - S\left[\frac{2}{9}dv_1 + \frac{1}{3}dv_2 + \frac{2}{27}dv_3\right].$$

Die Voraussetzung, daß $\omega = {}^1/_2(i_1 - i_2)$, ist in Wirklichkeit mit der Annahme gleichbedeutend, daß man durch die Punkte B und C einen Kreisbogen ziehen kann, der die Tangentialflächen in B und C berührt. Diese Voraussetzung gilt tatsächlich fast völlig hinsichtlich aller gewöhnlichen Glasröhren.

Mit Hilfe der Formel 4) ist der innere Durchmesser einer Anzahl Glasröhren bestimmt worden, deren äußere Form sichtbar von der Kreisform abwich. Die Messungen wurden mit Hilfe einer mit einem Mikroskop versehenen Teilmaschine ausgeführt. Zur Bestimmung der Tangentialebenen wurde eine Glühlampe gebraucht, die etwa 2 m von der Röhre aufgestellt war. Um eine Kontrolle zu bekommen, wurden einige Messungen direkt an der Bruchfläche der Röhren gemacht. Da die innere Röhre sich nicht kreisförmig zeigte, wurden Messungen in gegeneinander senkrechten Richtungen vorgenommen.

Die Resultate sind unten zusammengestellt. Die Kolumnen geben die Winkel $v_1\,v_2\,v_3$ und das Stück S. Der hieraus für den inneren Radius berechnete Wert ist in der fünften Kolumne angegeben.

$\cot v_1$	$\cot v_2$	$\cot v_3$	S	Radius berechnet nach Formel 4)	Radius gemessen
0,728	1,080	1,130	2,365	0,784	
1,320	0,420	0,840	2.388	0,742	0,755 – 0,800
1,200	0,720	0,740	2,295	0,763	
1,200	1,480	0,860	3,024	1,055	
0,980	0,640	1,160	3,380	1,055	1,070 – 1,080
1.220	0,840	0,890	3,220	1,056	
1,110	1,050	1,250	2,770	0,915	
1,090	0,890	1,120	2,730	0,914	0,896 – 0,913
1,290	0,870	1,270	2,714	0,906	
0,926	1,774	1,024	1,680	0,890	
1,280	1,350	1,230	1,680	0,581	0,540 – 0,565
1,430	2,880	0,850	1,600	0,564	

Über Fadendistanzmesser mit Zwischenlinse.

Von

F. Baeschlin, Professor an der eidgen. techn. Hochschule Zürich.

Prof. Klingatsch hat in dieser Zeitschrift unter obigem Titel eine Abhandlung[1]) veröffentlicht. Er kommt darin zu dem Schlusse, daß die Fadendistanzmesser mit Zwischenlinse eine mit der Distanz variable Multiplikationskonstante, dagegen eine wesentlich konstante Additionskonstante besitzen.

Klingatsch sieht zwar in der von ihm gefundenen Veränderlichkeit der Multiplikationskonstanten keinen wesentlichen Nachteil. Ich muß dagegen gestehen, daß ich die Zeiss-Wildsche Fernrohrkonstruktion als zu Distanzmessungen praktisch ganz untauglich qualifizieren müßte, wenn die Klingatschschen Schlußresultate richtig wären.

Ich werde aber hier zeigen, daß man die Distanzgleichung des vorliegenden Falles auf eine Form bringen kann, die sowohl vollständig konstante Multiplikationskonstante als auch praktisch konstante Additionskonstante aufweist.

Mit den Bezeichnungen der Klingatschschen Abhandlung haben wir folgende Ausgangsgleichungen:

$$\frac{f'}{f} = \frac{b'}{L}, \qquad 1)$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{\psi}, \qquad 2)$$

$$\frac{b}{f_1'} = \frac{b'}{f' - l + f_1'}, \qquad 3)$$

$$-\frac{1}{f' - l + f_1'} + \frac{1}{f_1'} = \frac{1}{\varphi}. \qquad 4)$$

Dabei kann die Zwischenlinse negative oder positive Brennweite haben.

Aus diesen 4 Gleichungen sind f', f_1' und b' zu eliminieren. Diese Elimination liefert in längerer Entwicklung, die ich ihrer Einfachheit sowie Länge halber hier übergehe, folgende Gleichung:

[1]) A. Klingatsch, Über Fadendistanzmesser mit Zwischenlinse. *Diese Zeitschr.* **32.** *S. 81. 1912.*

$$\frac{\varphi b^2}{\psi^2 L^2}(f-\psi)^2 + \frac{b}{\psi \cdot L}(l-\psi-2\varphi)(f-\psi) + \varphi - \frac{b\psi}{L} = 0. \qquad 5)$$

Die Lösung dieser nach $(f-\psi)$ quadratischen Gleichung gibt nach unwesentlicher Umformung:

$$f-\psi = \frac{L\cdot\psi}{b\cdot\varphi}\,\frac{\psi+2\varphi-l}{2} \mp \frac{L\psi}{b\varphi}\,\frac{1}{2}\sqrt{(\psi-l)^2+4\varphi(\psi-l)+4\psi\varphi\frac{b}{L}}. \qquad 6)$$

In dieser Formel ist das negative Zeichen zu wählen, wenn die Zwischenlinse zwischen dem Objektiv und der Strichplatte angebracht ist, wie das bei der Zeiss-Wildschen Konstruktion der Fall ist.

Die Quadratwurzel von 6) entwickeln wir nach der binomischen Reihe, führen aber zuvor noch die abkürzende Bezeichnung ein:

$$(\psi-l)^2+4\varphi(\psi-l) = R. \qquad 7)$$

Die Quadratwurzel wird dann

$$\sqrt{R\left(1+\frac{4\psi\varphi b}{RL}\right)} = \sqrt{R}\left(1+\frac{2\psi\varphi b}{RL}-\frac{2\psi^2\varphi^2 b^2}{R^2L^2}+\text{usw.}\right). \qquad 8)$$

Höhere Glieder der Reihe können vernachlässigt werden, da z. B. das Glied 3. Ordnung für die Zeiss-Wildsche Konstruktion mit $L = 100\ mm$ (Lattenentfernung rund $10\ m$) = 0,00007 wird. Dies darf der Einheit gegenüber vernachlässigt werden, da mit der Fadendistanzmessung höhere Genauigkeiten als $^1/_{10000}$ nicht erreichbar sind.

Führen wir Gl. 8) in Gl. 6) ein, so erhalten wir:

$$f = \left(\psi-\frac{\psi^2}{\sqrt{R}}\right)+\frac{\psi}{b\cdot\varphi}L\left(\frac{\psi+2\varphi-l-\sqrt{R}}{2}\right)+\frac{\psi^3\varphi\cdot l}{L}\,\frac{\sqrt{R}}{R^2}. \qquad 9)$$

R ist von der Lattenablesung L unabhängig. Man erkennt also aus Gl. 9), daß der Koeffizient von L, d. h. die Multiplikationskonstante, von der Distanz unabhängig ist; und zwar bleibt diese Eigenschaft erhalten, auch wenn man bei der Reihenentwicklung die Glieder höherer Ordnung nicht vernachlässigt. Die übrigbleibenden Glieder der Formel 9) sind dann als Additionskonstante anzusprechen, welche daher gleich wird:

$$\psi-\frac{\psi^2}{\sqrt{R}}+\frac{\psi^3\varphi b\sqrt{R}}{R^2}\,\frac{1}{L}. \qquad 10)$$

Das 3. Glied ist abhängig von der Lattenablesung L und damit von der Entfernung f der Distanzlatte vom Fernrohrobjektiv. Es läßt sich jedoch zeigen, daß dieses Fehlerglied praktisch vernachlässigt werden kann.

Wählen wir die von Wild angegebenen und von Klingatsch benützten Dimensionen, so haben wir zu setzen:

$$\psi = 149\ mm, \qquad \varphi = -500\ mm, \qquad l = 165\ mm, \qquad b = 1{,}7814\ mm.$$

Damit wird:

$$R = (\psi-l)^2+4\varphi(\psi-l) = +32256\ mm^2,$$

$$\sqrt{R} = 179{,}6\ mm,$$

$$\frac{\psi^3\varphi b\sqrt{R}}{R^2} = -509\ mm^2.$$

Wir erhalten daher für

L =	1000 *mm*	500 *mm*	200 *mm*	100 *mm*	50 *mm*
f ∼	100 *m*	50 *m*	20 *m*	10 *m*	5 *m*
Fehlerglied	— 0,51 *mm*	— 1,02 *mm*	— 2,54 *mm*	— 5,09 *mm*	— 10,2 *mm*.

Um obige Größen wird die Distanz fehlerhaft (und zwar zu groß) erhalten, wenn für die Additionskonstante der konstante Wert

$$\psi - \frac{\psi^2}{\sqrt{R}} = + 25{,}4 \; mm$$

eingeführt wird.

Damit ist wohl der Beweis geleistet, daß die Additionskonstante als praktisch unabhängig von der Entfernung anzunehmen ist, und somit der Hauptzweck meiner Darlegung erfüllt, zu zeigen, daß die Zeiss-Wildsche Konstruktion eines Fadendistanzmessers mit Zwischenlinse die Konkurrenz mit den bisherigen Lösungen aufnehmen kann.

Ich möchte aber im Anschluß an die abgeleitete Distanzgleichung noch zwei weitere Fragen erledigen.

Die Multiplikationskonstante K unseres distanzmessenden Fernrohres lautet

$$K = \frac{\psi}{2\,b\,\varphi}\,(\psi + 2\,\varphi - l - \sqrt{R}).$$

Dieser Ausdruck ist von l, d. h. dem Abstand der Strichplatte von der Objektivlinse, abhängig. Wir haben es also in der Hand, durch eine kleine Änderung von l auch die Multiplikationskonstante K zu verändern und sie daher z. B. genau gleich 100,00 zu machen. Geben wir uns durch Differentitation Rechenschaft, welche Veränderung K durch Änderung von l erleidet. Dabei ist zu beachten, daß R ebenfalls Funktion von l ist. Wir erhalten

$$dK = \frac{K}{\sqrt{R}}\,dl. \qquad 11)$$

Für die angenommenen Dimensionen wird

$$dK = + 0{,}556 \, dl.$$

Wenn wir die Fadenplatte mit einem Minimalgewinde von 0,3 *mm* Ganghöhe in den Fernrohrkörper einschrauben, so verursacht eine volle Umdrehung eine Änderung in $K \sim 100$ von 0,167. Da man bei Benutzung einer Skala die Genauigkeit leicht auf $^1/_{100}$ Umdrehung bringen kann, hätte man mechanisch die Möglichkeit, die Multiplikationskonstante auf 0,00167 genau abzustimmen. Um 0,01 in $K \sim 100$ zu erreichen, muß die nach obigem Vorgang vollzogene mechanische Justierung auf $^1/_{16}$ Schraubenumdrehung genau ausgeführt werden.

Man erkennt also, daß die vorliegende Einrichtung auf die einfachste Weise die Konstante $K = 100{,}00 \pm 0{,}01$ zu liefern gestattet.

Dabei stellt sich uns von selbst die weitere Frage, in welcher Weise Temperaturänderungen auf die Multiplikationskonstante K einwirken.

Eine strenge Lösung dieses Problems wäre allerdings nur möglich, wenn wir wüßten, wie die Brennweite einer Linse mit der Temperatur sich verändert. Da mir darüber keine näheren Angaben zur Verfügung stehen, so wollen wir voraussetzen, daß die Brennweite beider Linsen unseres Fernrohrs von der Temperatur völlig unabhängig sei.

Bezeichnen wir den Ausdehnungskoeffizienten des Fernrohrtubus (Eisenblech) mit α_e, denjenigen der Strichplatte (Glas) mit α_g, und denken wir uns beide Materialien um die Temperaturdifferenz dt erwärmt, so werden

$$dl = + \alpha_e \, l \, dt \quad \text{und} \quad db = + \alpha_g \, b \, . \, dt$$

die betreffenden Änderungen von l und b.

Da

$$K = \frac{\psi}{2\,b\,\varphi}(\psi + 2\,\varphi - l - \sqrt{R}),$$

so ist

$$\partial K_b = - \frac{K}{b}\,db = - \frac{K}{b}\,\alpha_g\,b\,dt = - K\,\alpha_g\,dt\,.$$

Anderseits ist

$$\partial K_l = + \frac{K}{\sqrt{R}}\,dl = \frac{K}{\sqrt{R}}\,\alpha_e\,l\,dt\,.$$

Die totale Änderung der Konstanten K, mit dK bezeichnet, ist

$$dK = \partial K_l + \partial K_b,$$

$$dK = + \frac{K}{\sqrt{R}}\,\alpha_e\,l\,dt - K\,\alpha_g\,dt\,.$$

Damit $dK = 0$ wird, muß gelten

$$\frac{\alpha_e}{\sqrt{R}}\,l - \alpha_g = 0 \quad \text{oder} \quad \frac{\alpha_g}{\alpha_e} = \frac{l}{\sqrt{R}}\,. \qquad 12)$$

Setzen wir

$$\alpha_e = 11{,}5\,.\,10^{-6} \quad \text{und} \quad \alpha_g = 8{,}7\,.\,10^{-6},$$

so müßte also

$$\sqrt{R} = \frac{\alpha_e}{\alpha_g}\,.\,l = \frac{11{,}5}{8{,}7}\,165 = 218\,mm$$

sein.

Bei der im obigen betrachteten Konstruktion ist $\sqrt{R} = 179{,}6\,mm$.

Es ist also nahezu Temperaturunempfindlichkeit von K unter den gemachten Voraussetzungen (Brennweiten unabhängig von der Temperatur) zu konstatieren.

Ich komme also im Gegensatz zu Klingatsch zu dem Schlusse, daß die von Wild eingeführte Fernrohrkonstruktion mit Fokussierlinse sich vorzüglich für distanzmessende Fernrohre eignet.

Zürich, im Dezember 1912.

Erwiderung zu dem vorstehenden Aufsatz.

Von

A. Klingatsch, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Graz.

Prof. Baeschlin sagt in seiner Einleitung, daß er die Zeiss-Wildsche Fernrohrkonstruktion als zu Distanzmessungen praktisch ganz untauglich qualifizieren müßte, wenn die Schlußresultate meines die gleiche Frage behandelnden Aufsatzes[1]) richtig wären. Er hat es aber unterlassen, die Unrichtigkeit dieser Ergebnisse nachzuweisen.

[1]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S. 84. 1912.*

Prof. Baeschlin übersieht dabei, daß die von ihm für die Entfernungsbestimmung abgeleiteten Größen — der Faktor von L sowie das additionelle Glied — ausschließlich den Charakter von Rechnungsgrößen besitzen und mit den in meiner Abhandlung vorkommenden Werten von C und c weder bezüglich ihrer Änderungen noch bezüglich ihres Zahlenwertes vergleichbar sind.

Ich habe die Distanzmessergleichung auf zwei völlig verschiedenen Wegen hergeleitet und folgen die betreffenden Gleichungen 7) und 19)[1] in wenigen Zeilen unmittelbar aus der optischen Abbildung des betreffenden Fernrohres. Diese Gleichungen lassen sich sozusagen unmittelbar aus den betreffenden Figuren herauslesen und somit leicht überprüfen. Die Messungen bestätigen auch die Veränderlichkeit des Faktors C in derselben Weise, wie sich eine solche aus den Gleichungen 8), 30) und 21) ergibt. Daran läßt sich ebensowenig etwas ändern wie an der Tatsache, daß der aus 23) folgende Wert des sogenannten additionellen Gliedes $c = 284$ *mm* ist.

Prof. Baeschlin hingegen findet für $f—\psi$ den durch Gl. 6) des obigen Aufsatzes gegebenen Ausdruck, welchem daher die Gl. 7) meiner Abhandlung gegenüber zu stellen ist. Durch eine algebraische Umformung der Gl. 6) unter Anwendung einiger ohne weiteres zulässiger Vernachlässigungen ist eine Gebrauchsformel $f = C' L + c'$ hergeleitet, in welcher C' unabhängig von der Distanz und c' für praktische Zwecke ebenfalls konstant angesehen werden kann. Rechnet man die Entfernungen E, wie üblich, von der Drehungsachse des Instrumentes, fügt also zu c' noch den Abstand $l/2$ hinzu, so lautet die Formel Baeschlins

$$E = 100\, L + 0{,}11,$$

da einzelne Zentimeter oder gar Millimeter bei tachymetrischen Entfernungsbestimmungen überhaupt keine Rolle spielen. Die Ausdrücke für C und c in der obigen Formel sind vom Verfasser wohl hergeleitet worden, dieselben haben aber trotzdem nur den Charakter von Rechnungsgrößen, da dieselben in optischer Hinsicht in keiner unmittelbaren Beziehung zum Fernrohr stehen.

Auch ohne jede Entwicklung ist leicht einzusehen, daß man an die Stelle einer Gleichung $E = C L + c$, in welcher C veränderlich, c aber konstant ist, eine andere setzen kann in der Form $E = C' L + c'$, in welcher C' konstant — etwa gleich 100 — ist, während dann c' veränderlich sein muß. Sind nun diese Änderungen für alle in Betracht kommenden Entfernungen zu vernachlässigen, dann hat der betreffende Wert von c' eben den Charakter einer Rechnungsgröße.

Prof. Baeschlin scheint den Wert einer genau auf 100 abgestimmten Multiplikationskonstanten unverhältnismäßig hoch anzuschlagen und nimmt als obere Grenze der erreichbaren Genauigkeit in der Fadendistanzmessung ein Fehlerverhältnis von $^1/_{10000}$ an, während nach Jordan-Eggert[2]) dieses Verhältnis unter günstigsten Umständen $^1/_{2000}$ beträgt, für praktische Arbeiten aber etwa mit $^1/_{500}$ zu bemessen ist. Ob nun der Wert von C genau oder näherungsweise $= 100$ beträgt, ist nach meiner Ansicht ziemlich belanglos; die Hauptsache ist, daß der betreffende Wert selbst zuverlässig ist und aus direkten Längenmessungen, auf Grundlage von abgemessenen Entfernungen, abgeleitet wurde.

Ich habe in meiner Sammlung von etwa 15 Tachymetern kein Instrument, dessen Multiplikationskonstante genau 100,0 wäre, und werden die hiesigen Konstanten alljährlich anläßlich der größeren Feldübungen durch die Aufnahme längerer Züge,

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S. 84. 1912.*

[2]) Handbuch der Vermessungskunde. 2. Band. 7. Aufl. *1908. S. 749.*

welche an trigonometrisch und nivellitisch bestimmte Punkte angeschlossen sind, indirekt kontrolliert.

Da nun alle Tabellen, Rechenschieber, Diagramme usf. die Werte $C = 100$ und $c = 0$ voraussetzen, so ergibt sich im allgemeinen die Notwendigkeit, den Lattenabschnitt bei der Ausrechnung zu korrigieren. Gegenüber anderen Verfahren habe ich dieses seit mehr als 20 Jahren als das zweckmäßigste befunden. Die hierzu nötige kleine Tabelle ist aus der Gleichung $CL + c = 100 L'$ zu berechnen, so daß aus der Tabelle die Korrektion $\Delta L = L' - L$ zu entnehmen ist. Für den praktischen Gebrauch ist es dann ganzeinerlei, ob C wirklich konstant ist oder aber eine von der Entfernung abhängende Anderung aufweist, wenn nur für einzelne Entfernungsabschnitte dieser Änderung Rechnung getragen wird. Auch die Formel des Prof. Baeschlin ist bei der Tachymetrie auf diesen Vorgang angewiesen, da die tatsächliche Additionskonstante für die Entfernung E immerhin 0,11 beträgt und bei kurzen Distanzen und steilen Visuren (Grabensohle) schon wegen der Höhenbestimmung dieses Glied nicht weggelassen werden kann.

Die Umformung der Distanzmessergleichung durch Prof. Baeschlin ist vom theoretischen Standpunkte interessant, doch werden dadurch die von mir aufgestellten streng gültigen Gleichungen und die aus ihnen folgenden Schlüsse nicht berührt. Die Verantwortung für die Behauptung, daß in diesem letzteren Falle die Zeiss-Wildsche Fernrohrkonstruktion als zu Distanzmessungen praktisch ganz untauglich qualifiziert werden müßte, muß ich natürlich Herrn Prof. Baeschlin überlassen. Ich habe in meinem früheren Aufsatze gerade das Gegenteil angeführt. Die Auswertung der Distanzen und Höhen bei tachymetrischen Aufnahmen kommt eben bei beiden Gleichungen schließlich auf denselben Vorgang hinaus.

Graz, im Februar 1913.

Replik auf vorstehende Erwiderung.

Von

F. Baeschlin, Professor an der Eidgen. Techn. Hochschule Zürich.

Zu der vorstehenden Erwiderung des Herrn Prof. Klingatsch gestatte ich mir folgende Bemerkungen:

Zunächst bin ich von Herrn Prof. Klingatsch in meiner Einleitung mißverstanden worden. Es liegt mir ferne, die Richtigkeit der mathematischen Ableitungen des Klingatschschen Aufsatzes in Zweifel zu ziehen. Dagegen halte ich es für unrichtig, die Ableitungen da zu unterbrechen, wo dies im Klingatschschen Aufsatz geschehen ist, und daraus Schlußfolgerungen für die praktische Verwendung des Instrumentes zu ziehen, da dieses Vorgehen eine ungünstige Bewertung des Zeiss-Wildschen Distanzmessers involviert.

Nach meiner Auffassung hat die Theorie die Aufgabe, ihre Schlußresultate in für die Praxis möglichst einfacher Form darzustellen. Ich halte es daher für unrichtig, die Schlußfolgerungen über einen Distanzmesser auf die Form

$$E = f_1(L) + f_2(L) \cdot L$$

der Distanzgleichung zu basieren, wenn es möglich ist, durch eine einfache Transformation die Gleichung auf die einfachere Form

$$E = c + k L$$

zu bringen, wo einerseits $f_1(L)$ und $f_2(L)$ Funktionen der Lattenablesung L, anderseits c und k nur von den Dimensionen des Instrumentes abhängige Konstante sind.

In zweiter Linie bin ich durch die obige Erwiderung in meiner Ansicht nicht umgestimmt worden, daß es für einen Distanzmesser von eminentem praktischen Vorteil ist, wenn die Multiplikationskonstante so genau als möglich gleich 100 ist. Anderseits bin ich der Meinung, daß die kleine Additionskonstante $c = 0{,}11\ m$ auch für sehr große Neigungen α der Ziellinie unveränderlich angenommen werden kann, wenn man die Gebrauchsformeln

$$E = (100{,}0\ L + 0{,}1) \cos^2 \alpha ,$$
$$h = (100{,}0\ L + 0{,}1) \sin \alpha \cos \alpha$$

verwendet.

Zollikon, im März 1913.

Referate.

Der Präzessionsglobus.

Von H. Vogt. *Nach einer Broschüre.*

Der Verfasser gibt in dieser Abhandlung zunächst einen kurzen Abriß der Geschichte der Himmelsgloben, speziell der Präzessionsgloben, welche auch das Fortschreiten des Tag- und Nachtgleichepunktes darzustellen vermögen. Etwas eingehender bespricht er dann jene Globen, die vom Ende des 17. Jahrhunderts bis herauf zur neuesten Zeit entstanden sind, sowie ihre Anwendungsart und die an ihnen erzielbare Genauigkeit der Angaben. Im zweiten, praktischen Teil beschreibt der Verfasser vor allem den im Jahre 1715 von Gerhard und Leonhard Valk angefertigten Himmelsglobus des Königl. Friedrichs-Gymnasiums in Breslau, überprüft durch Nachmessungen und Vergleiche die Genauigkeit der Sternörter dieses Globus und skizziert dann die Präzessionseinrichtung, die er für diesen Globus herstellen ließ. Diese sei auch hier kurz beschrieben.



Um den ekliptikalen Nord- und Südpol des Globus ist je ein Messingring von 23,5° Radius gelegt und an der Kugel selbst befestigt. Auf diesen Ringen laufen kurze Schienen, welche sich an jeder beliebigen Stelle feststellen lassen und außerdem Vertiefungen besitzen, in welche die Polstifte des Meridiankreises eingesetzt werden können. An dem letzteren Kreise sind noch zwei weitere Stifte vorhanden, welche von den ersteren um gleichfalls 23,5° abstehen und in Gruben an den Ekliptikalpolen des Globus eingreifen; sie ermöglichen einmal eine Drehung des Globus um diese Achse, hauptsächlich dienen sie aber als Führung für die Kugel in jenen Fällen, wo die äquatorialen Polstifte gelöst werden müssen, also bei einer Änderung der Epoche des Globus. Außer diesem besonderen Mechanismus besitzt das Instrument auch noch alle jene Einrichtungen, die bei jedem gewöhnlichen Globus gebräuchlich und zur Lösung astronomischer und chronologischer Aufgaben notwendig sind.

An diesem Globus löst der Verfasser dann eine Reihe von Aufgaben, welche nicht nur zeigen, einer wie verschiedenartigen Anwendung das Instrument fähig ist, sondern

auch, daß den erlangten Resultaten eine verhältnismäßig sehr hohe Genauigkeit innewohnt. Den Schluß der Abhandlung bilden Hilfstafeln für den Gebrauch des Globus.

Für den, der sich eingehender mit der Geschichte der Himmelsgloben befassen will, sind auch die reichen in der Schrift enthaltenen Literaturangaben von hohem Wert.

Rheden.

Ein elektrischer Zeitmeßapparat zur Vergleichung zweier periodischer Phänomene.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **155.** *S. 1458. 1912.*

Ohne sich auf technische Einzelheiten einzulassen, bespricht Verf. einige Anwendungen eines von ihm konstruierten Apparats zur Bestimmung der Phasendifferenz gleichperiodischer Vorgänge, wie z. B. der Schwingungen zweier Sekundenpendel. Ein Motor dreht mit gleichförmiger, regulierbarer Geschwindigkeit eine Achse, an der ein Kontaktarm befestigt ist; längs der mit einer Teilung versehenen Peripherie lassen sich Kontakte verschieben und beliebig einstellen, die bei jedem Vorübergang des rotierenden Arms einen Telephonstromkreis auf äußerst kurze Zeit schließen. Rotiert der Apparat in Sekundentempo, so kann man durch Einstellen eines Kontaktes die durch ihn ausgelösten Telephonsignale in Koinzidenz mit den Sekundenschlägen einer Uhr bringen, und wenn man dann einen andern Kontakt auf Koinzidenz mit einer andern Uhr einstellt, so ergibt die Ablesung der gegenseitigen Stellung beider Kontakte unmittelbar die Sekundenbruchteile des Unterschiedes der beiden Uhrzeiten. Ist die Schwingungsdauer der zu vergleichenden Pendel merklich verschieden, so läßt sich der rotierende Apparat natürlich nur mit der einen Uhr auf dauernde Koinzidenz bringen, während die Koinzidenz mit der andern Uhr wandert; bei der Vergleichung einer Sternzeit-Sekundenuhr mit einer nach mittlerer Zeit gehenden bietet der Apparat immerhin den Vorteil, daß man in kurzer Zeit eine größere Anzahl von Koinzidenzen erhalten kann und nicht, wie beim unmittelbaren Vergleichen beider Uhren durch ihre Koinzidenzen jedesmal 6 Minuten lang warten muß. Ob aber, wie Verf. vorschlägt, eine Vergleichung der funkentelegraphischen Koinzidenzsignale des Eiffelturms mit einer Sekundenuhr mittels dieses Apparats zweckmäßig wäre, erscheint dem Ref. sehr fraglich, da diese Signale in Intervallen von $0{,}98^s$ erfolgen, so daß alle 50 Sekunden Koinzidenz mit mittleren Sekunden, und alle 60 Sekunden mit Sternzeitsekunden eintritt, und zwar lassen sich diese Koinzidenzen nach der von Ferrié (Annuaire du Bureau des Longitudes, Paris 1913) angegebenen Methode so außerordentlich scharf auffassen, daß die Genauigkeit durch die Zwischenschaltung des Lippmannschen Verfahrens nur leiden dürfte. Ebenso zweifelt Ref. an der Zweckmäßigkeit des folgenden vom Verf. für Uhrvergleichungen vorgeschlagenen Verfahrens: statt des Telephons schaltet man ein Glühlämpchen in den Stromkreis des Rotationsapparats und verschiebt den Kontakt so, daß das Glühlämpchen im Moment des Durchgangs des Pendels durch die Ruhelage aufleuchtet, so daß man im Dunkeln das Pendel nur in dieser Lage erblickt; die Genauigkeit dieses Verfahrens dürfte wegen des merkliche Zeit andauernden Nachglühens der Lampe nach Unterbrechung des Stromes nicht sehr groß sein; auch für die Beobachtung des Durchgangs von Chronometer-Unruhen durch die Ruhelage empfiehlt Verf. dieses Verfahren. *B. Wanach.*

Anwendung einer optischen Koinzidenzmethode zur Zeitübertragung.

Von Schwartz und Villatte. *Compt. rend.* **156.** *S. 121. 1913.*

Neben dem Okular eines Fernrohrs, wie es zum Empfang telegraphischer Lichtsignale benutzt wird, haben Verf. in Augendistanz ein zweites Okular angebracht, durch das man ein von einem abgeschirmten Glühlämpchen erzeugtes Lichtpünktchen mit dem einen Auge wahrnimmt, während man mit dem andern Auge durchs Fernrohr Lichtsignale beobachtet, die auf einer entfernten Station durch einen Uhrkontakt ausgelöst werden. Schickt auf der Beobachtungsstation ein Pendel von etwas anderer Schwingungsdauer Stromstöße durch das Lämpchen, so lassen sich die beiden Uhren auf solche Weise durch optische Koinzidenzen

mit einer Genauigkeit von wenigen Hundertstelsekunden vergleichen. Eine ähnliche innere Genauigkeit erzielten Verf. auch in der Weise, daß sie Koinzidenzen zwischen Lichtsignalen der bis zu 45 *km* entfernten Station und den gehörten Schlägen eines Beobachtungs-Chronometers beobachteten; hierbei dürften jedoch systematische persönliche Auffassungsunterschiede eine nicht unbedeutsame Rolle spielen. *Wanach.*

Eine Bestimmung der Schmelzpunkte des Tantals und Wolframs.

Von W. E. Forsythe. *Astrophys. Journ.* **34.** *S. 353. 1911.*

Sowohl der Tantal- wie der Wolfram-Schmelzpunkt ist schon wiederholt gemessen worden (Waidner und Burgeß 1907, Ruff 1907, v. Wartenberg 1910, v. Pirani 1910 und 1911), indessen weichen die gefundenen Werte noch ziemlich erheblich voneinander ab. So bewegen sich unter der Annahme, daß der Platinschmelzpunkt bei 1750° liegt, die Angaben bei Tantal zwischen 2700° und 3000°, bei Wolfram zwischen 2650° und 3250°. Die Methoden sind zumeist indirekt, indem die schwarze Temperatur bei dem Schmelzpunkt gemessen wird und die wahre aus dem Reflexionsvermögen oder aus einer Beziehung zwischen der wahren und schwarzen Temperatur, die aus Beobachtungen bei niederen Temperaturen abgeleitet ist, berechnet wird. Nur ein Wert für Wolfram ist von Ruff auf direktem Wege ermittelt worden, und zwar so, daß das Metall im Vakuum-Kohleofen niedergeschmolzen und die Temperatur unter der Annahme, daß der Hohlraum des Ofens hinreichend schwarz strahlt, unmittelbar optisch gemessen wurde.

Der Verf. bestimmt beide Schmelzpunkte aufs neue, und zwar den des Wolframs auf direktem Wege durch Niederschmelzen in einem schwarzen Körper, die beider Metalle indirekt durch Messung der schwarzen Temperatur und Berechnung der wahren Temperatur daraus.

Für die direkten Messungen wurde ein elektrischer Vakuumofen benutzt. Das Heizrohr bestand aus einem 300 *mm* langen Rohr aus Acheson-Graphit von 14 *mm* lichter Weite und 2,5 *mm* Wandstärke, das durch Graphitbacken in vertikaler Lage gehalten wurde. Zum Schutze gegen Wärmeabgabe war es von 2 konzentrischen Graphitrohren umgeben. Die Stromzuführungen wurden von Kupferröhren gebildet, die von Kühlwasser durchflossen wurden. Dieser ganze innere Teil des Ofens befand sich in einem weiten zylindrischen Gefäß, dessen Wände durch fließendes Wasser gekühlt wurden. Durch ein seitliches Ansatzrohr konnte mit Hilfe einer Fleuß-Pumpe das Innere bis auf wenige *mm* evakuiert werden. Am Boden und am Deckel waren je eine Glasscheibe angebracht, durch die man mit dem optischen Pyrometer in das Innere des Heizrohrs visieren konnte. Der Stromverbrauch betrug

bei 1500° 550 Amp. bei 10 Volt,
„ 3100° 1400 „ „ 25 „ .

Das Heizrohr hielt, solange Temperaturen von 3000° nicht überschritten wurden, 2 bis 3 Erhitzungen aus, über 3000° wurde es jedoch nach wenigen Minuten zerstört. Das Auswechseln der Rohre war dadurch außerordentlich erleichtert, daß die inneren Teile des Ofens an dem Deckel fest montiert waren und so durch Herausheben leicht zugänglich wurden.

Die optischen Messungen wurden mit einem Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum ausgeführt. Als Vergleichslampe diente eine Kohlefadenlampe von 6 Volt, die mit 1 bis 3 Amp. belastet wurde. Der Spektralbereich wurde teils in gewöhnlicher Weise durch gefärbte Gläser, teils nach Mendenhall in ähnlicher Weise wie bei dem Spektralphotometer von Henning durch spektrale Zerlegung begrenzt. Besondere vergleichende Messungen zeigten, daß sich nach beiden Methoden innerhalb der Beobachtungsfehler (etwa 10° bei 2500°) übereinstimmende Werte ergaben, so daß ein Fehler durch die Unsicherheit der Wellenlänge nicht zu befürchten ist. Zur Erreichung der höheren Temperaturen wurden rotierende Sektoren von $^1/_{60}$ bis $^1/_{180}$ Öffnung benutzt. Die Unsicherheit, die in dem Gebrauche eines so engen Spaltes liegt, sucht der Verf. dadurch auszuschalten, daß er die Schwächung eines Sektors mit 10 solchen Öffnungen mit der eines Sektors mit einer Öffnung von derselben

Gesamtfläche vergleicht. Da sich Unterschiede nicht bemerken lassen, wird der enge Sektor als richtig angesehen.

Die zu schmelzenden Metalle werden in außerordentlich feinen Drähten von 0,014 *mm* Durchmesser an einem besonderen Halter vertikal in den Ofen eingeführt und ihr Durchschmelzen durch ein Relais, das eine Glocke betätigt, bemerkbar gemacht.

Einige Vorversuche ergaben für den Palladiumschmelzpunkt 1548° unter Annahme des Goldschmelzpunktes zu 1063° und für den Schmelzpunkt des Heraeusschen Platins 1755° unter Annahme des Palladiumschmelzpunktes zu 1549°, in guter Übereinstimmung mit den von Day und Sosman angegebenen (für Palladium 1549° und Platin 1755°). Für das Wolfram wurden Werte gefunden, die zwischen 2937° und 3000° lagen und die zu 2974° gemittelt wurden. Tantal ließ sich in dem Graphitofen nicht schmelzen, da es offenbar infolge der von dem Graphit ausgesandten Dämpfe in eine höher schmelzende Verbindung überging. Hier war also eine indirekte Methode erforderlich.

Die indirekte Methode verlangt 1. die Ermittlung der schwarzen Temperatur, d. h. der scheinbaren Temperatur, die das blanke Metall beim Schmelzpunkt hat, und 2. die Bestimmung des Unterschiedes zwischen der wahren und schwarzen Temperatur. Das letztere geschah nach Mendenhall in der Weise, daß aus dem Metallblech ein kleiner Hohlraum gebildet und der Helligkeitsunterschied der von innen und von außen ausgehenden Strahlung gemessen wurde. Die schwarze Temperatur beim Schmelzpunkt ergab sich dagegen so, daß der in eine evakuierte Glocke eingeschlossene Metallfaden mit dem Graphitofen auf gleiche Helligkeit gebracht wurde und die Temperatur des letzteren bestimmt wurde, wenn der Metallfaden durchschmolz. Natürlich mußten für die absorbierenden Medien entsprechende Korrektionen angebracht werden.

Nach der indirekten Methode ergaben sich folgende wahren Schmelzpunkte

für Wolfram . . . . . . 3030°,
„ Tantal . . . . 2798°.

Ein Vergleich mit den Zahlen anderer Beobachter zeigte, daß der Wert für Wolfram mit dem von v. Wartenberg befriedigend übereinstimmt, während der für Tantal sich mit keiner der früheren Beobachtungen in Einklang bringen läßt. Einen Grund dafür vermag der Verf. nicht anzugeben. *Hffm.*

Die elektrische Messung der Windgeschwindigkeit.

Von J. T. Morris. *The Electrician 69. S. 1056. 1912.*

Bringt man einen elektrisch erhitzten Platindraht in einen Luftstrom, so beobachtet man, daß der Wärmeverlust des Drahtes infolge von Konvektion als Funktion der Luftgeschwindigkeit darstellbar ist. Man kann hierbei auf verschiedene Weise verfahren: z. B. so, daß man an den Enden des Drahtes stets die gleiche Potentialdifferenz aufrecht erhält. Dann wird sich mit zunehmender Windgeschwindigkeit seine Temperatur und sein elektrischer Widerstand erniedrigen, folglich die hindurchfließende Stromstärke, welche leicht gemessen werden kann, erhöhen. Diese Methode ist indessen für große Geschwindigkeiten sehr unempfindlich, da sich die Stromstärke schließlich nur noch wenig ändert. Es ist darum vorteilhafter, den Draht stets auf gleicher Temperatur zu halten und ihm also bei konstantem elektrischen Widerstand (der in einer *Wheatstone*schen Brückenanordnung kontrolliert wird) stets ebensoviel Energie zuzuführen, wie er durch Konvektion verliert. Die Abhängigkeit dieses Energieverlustes von der Windgeschwindigkeit wurde durch sorgfältige Messungen im aerodynamischen Laboratorium des East London College untersucht, indem der Autor außer dem erhitzten Platindraht andere Instrumente zur absoluten Messung der Geschwindigkeit in einen gleichförmigen Luftstrom brachte, dessen Geschwindigkeit von 0,2 bis 15 m/sek variiert wurde. Es stellte sich dabei heraus, daß das Quadrat der aufgewendeten elektrischen Energie der Luftgeschwindigkeit proportional ist. Dies einfache Gesetz gilt, wie es scheint, unabhängig von der Temperatur des Drahtes, die bei verschiedenen Versuchen zwischen 43° und 100°

lag. Es ist zu beachten, daß für die Geschwindigkeit 0 der Energieverlust einen gewissen Betrag nicht unterschreitet, da auch bei ruhender Luft Wärme durch Strahlung und Konvektion verloren geht.

Die hier beschriebene Methode besitzt vor anderen den Vorzug, daß der Platindraht infolge seiner geringen Dimensionen die Stromlinien der Luft nicht merklich beeinflußt, und daß er, was bei ungleichförmiger Strömung oft von Bedeutung ist, die mittlere Geschwindigkeit längs einer Linie mißt, während die Angaben anderer Instrumente sich nur auf Stellen sehr geringer Ausdehnung beziehen. *Hng.*

Neue registrierende Messinstrumente der Hartmann & Braun A.-G.

Von A. Palm. *Elektrotechn. Zeitschr.* **34.** *S. 91. 1913.*

An ein modernes Registrier-Instrument sind die Anforderungen zu stellen, daß 1. die Aufzeichnung der Ausschlagswerte in rechtwinkligen Koordinaten erfolgt, obwohl das Instrument eine drehende Systembewegung besitzt; 2. die verschiedenen Registrierapparate eine einheitliche äußere Form besitzen und 3. die Bedienung einfach ist.

Die 1. Bedingung wird dadurch erfüllt, daß das Papier von der Rolle *V* (Fig. 1) an einem zylinderförmigen Segment *Z* vorbeigleitet, auf das der hakenförmig gekrümmte Zeiger *H*, der sich um die vertikale Achse *A* dreht, schreibt. Dadurch, daß das Meßinstrument mit dieser Registriereinrichtung in den oberen Teil und das Uhrwerk in den unteren Teil des Gehäuses verlegt ist, läßt sich stets leicht dieselbe äußere Form innehalten. *V* und *Z* liegen dicht an der durchsichtigen Tür. Das glatte Auflegen des Papiers an der Schreibstelle wird durch ein Bogenstück bewirkt, das die Skala usw. trägt und an einem Arm um die mathematische Zylinderachse gedreht werden kann, hierbei den Zeiger mitnimmt und so das Papier freilegt. Der Zeiger trägt für

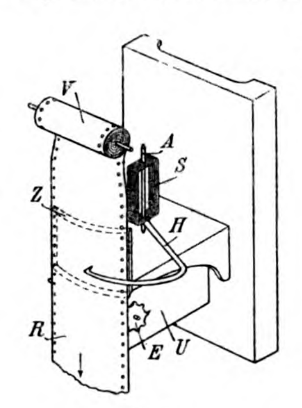


Fig. 1.

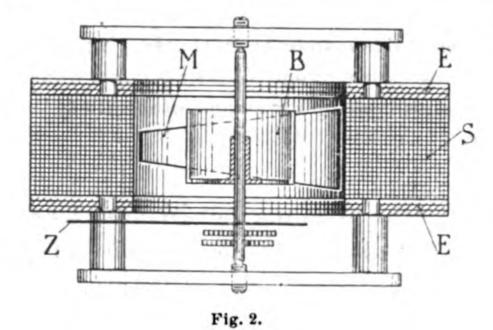


Fig. 2.

Fig. 3.

die Ablesung eine vor der Skala spielende Lanzette und ferner eine Gabel, in welche die Schreibfeder eingesetzt wird. Diese besteht aus einem feinen Kapillarrohr mit Kupferüberzug und taucht mit dem einen Ende in einen rinnenförmigen, sich der Zeigerbahn anschmiegenden Trog, der für einen Monat Tinte aufzunehmen vermag. So ist eine lange Betriebsdauer bei kleinem Gewicht des beweglichen Teils erreicht.

Das sehr kräftige Uhrwerk hat gleichfalls eine Gangdauer von einem Monat und erteilt dem Papier eine Geschwindigkeit von normal 60 *mm*/h., die aber bis auf 10 *mm*/sec. gesteigert werden kann. Der Papiertransport erfolgt durch die Stifträder *E*, die in eine Doppellochreihe des Papiers eingreifen. Die Änderung der Geschwindigkeit erfolgt durch Auswechseln des leicht zugänglichen Räderpaars, das die Stiftradwelle mit dem Getriebe kuppelt, oder durch Auswechseln des ganzen Uhrwerks, oder schließlich durch Hebelumschalter an demselben Werk. Die Bedienung ist also außerordentlich einfach.

Als Meßinstrumente werden verwendet: a) Elektromagnetische Volt- und Amperemeter, b) Drehspulinstrumente nach Deprez d'Arsonval, c) Hitzdraht-, d) Ferraris- und e) Elektrodynamische Instrumente. Sie unterscheiden sich von den üblichen nur durch eine größere

Kraft, um den Einfluß der (bei dieser Konstruktion) kleinen Federreibung auf die Zeigereinstellung möglichst zu verringern. Bei den einzelnen Typen wäre folgendes zu bemerken:

Zu a): Die Kraft kann hier nicht durch einfache Vergrößerung des Meßgerätes erreicht werden. Die neue Konstruktion besteht aus zwei festen keilförmigen Eisenstücken M_1 und M_2 (Fig. 2 u. 3), die durch eine Spule S magnetisiert werden; diese befindet sich auf dem aus Eisenscheiben E hergestellten Spulenkörper. Dadurch werden die beweglichen Eisenstücke B_1 und B_2 abgestoßen. Infolge der symmetrischen Konstruktion heben sich die radialen Komponenten auf die Drehachse auf.

Zu c): Um ein Zerreißen des Drahtes bei der Bewegung des Zeigers durch Hand zu vermeiden, kann sich die Zeigerachse in einer Hohlachse drehen, an die das Meßsystem angreift. Mit Hilfe von Feder und Anschlag wird der Zeiger nach dem Loslassen in seine richtige Lage zurückgeführt.

Zu d): Neu ist ein dreifaches Wattmeter zur Messung der Leistung in Drehstromanlagen mit vier beliebig belasteten Leitern.

Zu e): Durch Anordnung der festen Spule innerhalb der beweglichen ist eine gedrungene Bauart erreicht, so daß zwei Wattmeter übereinander in dasselbe Gehäuse eingebaut werden können. Ein Schutzmantel aus Eisenblech macht jedes Instrument von fremden Feldern unabhängig.

d) und e) lassen sich nach der Methode von Arnò (künstliche Verschiebung des Spannungsfeldes um einen Winkel, der entgegengesetzt gleich dem Phasenwinkel zwischen Betriebsstrom- und -spannung ist) auch zu Voltamperemetern einrichten.

Außer den Ampere-, Volt- und Wattmetern werden, nach dem Prinzip der gekreuzten Spulen, auch Instrumente zur Registrierung des Leistungsfaktors und der Frequenz gebaut. Bei dem letzteren bewegen sich die beiden fest miteinander verbundenen Spulen in einem inhomogenen Spulenfelde. Durch die Differenzwirkung eines induktiven und eines kapazitiven Stromkreises wird erreicht, daß (bei Vernachlässigung des Ohmschen Widerstandes) die Gleichgewichtslage von der Spannung unabhängig ist, und durch eine geeignete Gestaltung des inhomogenen Feldes, daß praktisch der Ausschlag proportional der Frequenz wird.

Berndt.

Bücherbesprechungen.

Friedrich Uppenborn, Lehrbuch der Photometrie. Nach d. Tode d. Verf. bearb. u. hrsggb. v. Dr.-Ing. Berthold Monasch. gr. 8°. 420 S. m. 254 Abbildgn. im Text. München u. Berlin, R. Oldenburg, 1912. 15 M.

1. Dem Abschnitt über *photometrische Größen- und Maßeinheiten* hätte nach Ansicht des Referenten eine kurze Besprechung des *Prinzips photometrischer Messungen* angeschlossen werden sollen. Dadurch wäre der Vorteil erreicht, daß an die Definition der einzelnen Größen sogleich Messungsbeispiele hätten angeknüpft werden können. — In fast allen Teilen des Buches sind Benennung und Bezeichnung der einzelnen Größen konsequent durchgeführt; auf *S. 21* und *22* dagegen ist ein und dieselbe Größe vielfach mit ganz verschiedenen Namen und Zeichen belegt, ohne daß die jetzt übliche Benennung deutlich genug vor früher üblichen hervortritt. — Von dem Lambertschen Grundgesetz $dL = (e \cdot dS \cdot \cos\sigma) \cdot (dB \cdot \cos\beta) \cdot dt/r^2$ hätte vielleicht gesagt werden können, daß es für beliebige Wirkungen dL gilt, die vom Flächenstück dS auf das Flächenstück dB ausgeübt werden, z. B. für einen Geschoßhagel, eine Strahlungsenergiemenge, eine Lichtmenge. Den Ausdruck „Lichtabgabe" für „Lichtmenge" zu gebrauchen, hält Ref. für unzweckmäßig.

2. Die zahlreichen *Fälle, in welchen die Flächenhelle e vom Ausstrahlungswinkel σ nahezu unabhängig ist,* wären nach Ansicht des Ref. besser in einem zusammenhängenden Abschnitt als in zahlreichen, durch das ganze Buch zerstreuten Bemerkungen behandelt worden. — Ob eine Oberfläche rauh oder glatt ist, und ob die von der Oberfläche begrenzte isotrope Substanz

für Lichtstrahlen homogen ist oder nicht, ist von großem Einfluß auf die Vorgänge der Reflexion, der Eindringung, des Durchlasses, der Emission, wird aber in dem vorliegenden Buche nicht scharf auseinandergehalten. — Für viele photometrische Messungen sind die Vorgänge der diffusen Reflexion z. B. an Gipsflächen und des diffusen Durchlasses z. B. von Milchglasplatten von großer Bedeutung; deshalb hätte sich wohl eine zusammenhängende Behandlung gelohnt. Im Anschluß daran hätte die (etwas kurz behandelte) Ulbrichtsche Kugel mit vollkommen diffus reflektierender Innenwand und der (gar nicht behandelte) Kirchhoffsche Hohlraum erläutert werden können.

3. Die *Gesetze der Energiestrahlung* hätten nach Ansicht des Ref. eine Besprechung verdient, einerseits wegen ihrer Wichtigkeit für die Schaffung und Beurteilung neuer Lichtquellen, andererseits, weil nur so der Unterschied zwischen Bolometer und Netzhaut, zwischen den Begriffen „Strahlungsenergie" und „Lichtmenge" klar dargestellt werden kann.

4. Der *Lichtempfindung* ist der erste Abschnitt des Buches gewidmet. Über die Bildentstehung im Auge findet sich die von Lehrbuch zu Lehrbuch fortgeschleppte Ungenauigkeit, daß die Linse die Bildentstehung bewirke. In Wirklichkeit verändert die Linse die Lage des reellen Bildes nur wenig, und dieses verdankt seine Entstehung der stark gekrümmten, an Luft grenzenden Vorderfläche des Auges.

5. Durch große Vollständigkeit zeichnet sich der Abschnitt über die *verschiedenen Photometer* aus. Nach Ansicht des Ref. wäre es vorteilhafter gewesen, einige der hier behandelten Apparate außer acht zu lassen, nämlich 1. die Mischungs- oder Kompensationsmethoden, 2. einige Vergleichsvorrichtungen, 3. die Spektralphotometer und Kolorimeter. Einige Apparate erscheinen unzweckmäßig (1), einige sind veraltet (2) und andere (3) gehören nicht eigentlich zu den photometrischen Hilfsmitteln der Beleuchtungsindustrie, denen das Buch doch in erster Linie gewidmet ist.

6. Von der *in einer beliebigen Richtung wirksamen Lichtstärke* (Spezialfall: die in einer horizontalen Richtung wirksame Lichtstärke) werden in klarer Weise die verschiedenen *mittleren Lichtstärken* unterschieden: 1. die mittlere horizontale, 2. die mittlere meridionale, 3. die mittlere räumliche, 4. die untere hemisphärische, 5. die obere hemisphärische. Definition, Berechnung und Messung dieser Größen hätten vielleicht in engerem Zusammenhang behandelt werden können.

7. *Betrieb und Photometrie künstlicher Lichtquellen, insbesondere der Normallichtquellen* (der Einheitslampen und Zwischenlichtquellen), hätten vielleicht im Zusamenhang behandelt werden können. Daß Verf. die Normallichtquellen beschreibt und ihr Lichtstärkenverhältnis angibt, bevor das Prinzip photometrischer Messung dargestellt ist, erscheint didaktisch nicht angebracht.

8. Ein besonderer Abschnitt ist der rechnerischen und experimentellen Untersuchung der *Beleuchtung von Innen- und Aufsenräumen* gewidmet. Es werden vortreffliche Methoden zur Darstellung der Untersuchungsresultate angegeben.

9. Die *Photometrie der Scheinwerfer* wird im letzten Abschnitt behandelt.

10. Ein Teil des Inhaltes hätte wohl am Schlusse eine kurze *tabellarische Zusammenstellung* verdient. Ref. denkt hierbei in erster Linie an die wichtigsten Formeln, an die photometrischen Größen und Maßeinheiten, an den Verbrauch der künstlichen Lichtquellen pro Lichtmengeneinheit.

Die im vorstehenden gemachten Ausstellungen sind eigentlich nur Schönheitsfehler. Ref. hält die Auswahl des Stoffes für glücklich, die Anordnung für nicht ganz zweckmäßig, die Behandlung des Stoffes fast überall für zutreffend.

Das Buch hat in der „Praktischen Photometrie" von Liebenthal (*s. diese Zeitschr. 28. S. 56. 1908*) einen vortrefflichen Vorgänger. Beide Bücher sind wichtige Hilfsmittel der Beleuchtungsindustrie und verdienen weite Verbreitung. *Ms.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. F. R. Helmert, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Raps, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Prof. Dr. R. Straubel.

Redaktion: Prof. Dr. F. Göpel in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. Juli 1913. Siebentes Heft.

Apparat zur Untersuchung der Doppelbrechung optischer Gläser.

Von

Hans Schulz.

(Mitteilung aus der optischen Anstalt von C. P. Goerz in Berlin-Friedenau.)

Für viele Zwecke erweist sich die Prüfung optischer Gläser auf Doppelbrechung zwischen gekreuzten Nikols nicht mehr als hinreichend. Es ist daher von der optischen Anstalt C. P. Goerz der im folgenden beschriebene Apparat[1]) konstruiert worden, mit Hilfe dessen nicht nur die Doppelbrechung in von planparallelen Flächen begrenzten Scheiben bestimmt werden kann, sondern auch Prismen beliebiger Form untersucht werden können.

Zum besseren Verständnis seien zunächst einige Bemerkungen über die bisherige Methode zur Bestimmung der Doppelbrechung und über die Verteilung derselben im Glase vorausgeschickt.

Man untersuchte die Gläser stets in der Weise, daß das Versuchsstück zwischen gekreuzte Nicols gesetzt und dann anvisiert wurde. Je nach der Stärke der Doppelbrechung zeigten sich dann entweder ein mehr oder weniger scharfes schwarzes Kreuz oder bei stärkerer Doppelbrechung im homogenen Licht ein System schwarzer Kurven, welche im weißen Licht farbig erschienen. Die Form der Kurven ist abhängig von der Begrenzung des betreffenden Stückes. Fig. 1 zeigt links von unten nach oben die Spannungsbilder einiger Stäbchen von quadratischem Querschnitt zwischen gekreuzten Nicols mit zunehmender Spannung, rechts die zugehörigen mittleren Werte der Doppelbrechung, auf deren Ermittlung später noch eingegangen werden soll. Wie schon aus den Figuren ersichtlich, läßt sich ein Maß der Spannung aus den

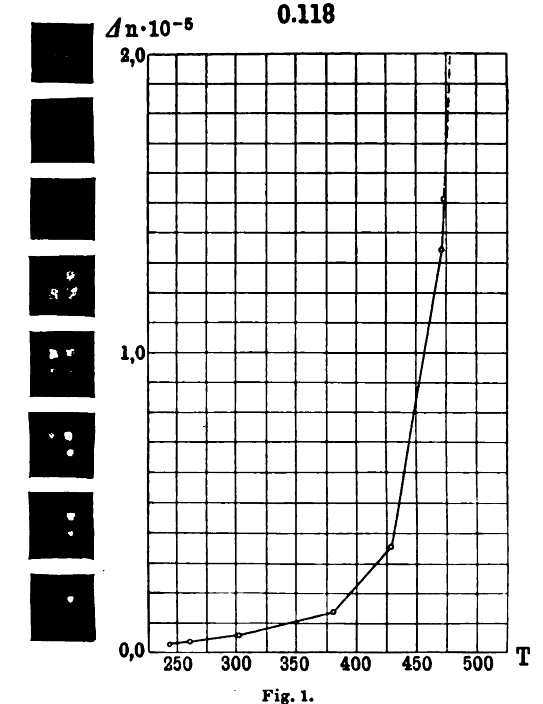


Fig. 1.

---

[1]) Der Apparat ist bereits etwas weniger ausführlich beschrieben in einer Abhandlung des Verf. „Über die Doppelbrechung gekühlter Gläser und eine Methode zur Messung derselben". *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***14.*** *S. 883. 1912.* Ein großer Teil der Abbildungen sind dieser Quelle entnommen.

Spannungsbildern, die sämtlich an gleich dimensionierten Stücken gewonnen wurden, nicht ableiten, noch weniger läßt sich auf diese Weise die Doppelbrechung von Stücken verschiedener Form und Größe vergleichen.

Anschließend an die klassischen Untersuchungen von Neumann[1]) versuchte zuerst Czapski[2]) ein Maß für die Doppelbrechung zu gewinnen, indem er die Differenz der Brechungsindizes für ordentlichen und außerordentlichen Strahl beim gespannten Glase bestimmte[3]). Er fand für eine Scheibe aus Kronglas

für den Rand $n_o - n_e = 438 \cdot 10^{-7}$,

für die mittlere Zone $n_o - n_e = 154 \cdot 10^{-7}$,

während für den Rand bei Flintglas der Wert

$$n_o - n_e = 316 \cdot 10^{-7}$$

betrug. Diese Werte wurden in der Weise gewonnen, daß die infolge der Schichtung parallel zu den Oberflächen auftretenden Interferenzstreifen zwischen gekreuzten Nicols beobachtet wurden, und daraus die Gangdifferenz ermittelt wurde. Zur Kontrolle wurde eine dioptrische Methode benutzt, welche auf der Krümmung der Strahlen in geschichteten Medien beruht.

Die Czapskische Methode läßt sich naturgemäß nur anwenden, wenn wenigstens zwei Interferenzstreifen zur Ausbildung kommen. Über die Verteilung zwischen den Interferenzstreifen ist auch hier kein klares Bild zu gewinnen. Die Verteilung der Doppelbrechung ergibt sich jedoch sofort eindeutig, wenn es gelingt, an jedem Punkt des Versuchstückes die Differenz $n_o - n_e$ zu messen. Dies ist in verhältnismäßig einfacher Weise möglich, wenn die Doppelbrechung des Versuchsstückes innerhalb endlicher Partien nur wenig sich ändert. Läßt man nämlich in diesem Falle ein paralleles, linearpolarisiertes, homogenes Bündel von kleinem Querschnitt die Platte durchsetzen, so kann man bei gekreuztem Analysator stets wieder Dunkelheit erreichen, wenn die durch die untersuchte Platte erzeugte Gangdifferenz durch einen in den Strahlengang eingeschobenen Soleil-Babinetschen Kompensator wieder aufgehoben wird. Diese einfache, bekannte Methode versagt aber, wenn, wie es beim optischen Glase meist der Fall ist, die Gangdifferenz der Strahlen innerhalb des beobachteten Querschnittes merklich variiert. In diesem Falle führt auch die Anwendung eines Halbschatten-Analysators nicht zum Ziele, weil die auftretenden Helligkeitsschwankungen sich einer merklichen Grundintensität auflagern, die dadurch zustande kommt, daß der Kompensator nur *eine* Gangdifferenz kompensieren kann. Mit wachsender Doppelbrechungs-Differenz innerhalb des beobachteten Querschnitts nimmt infolgedessen der Fehler der Einstellung zu und wird bald so groß, daß eine Messung überhaupt nicht mehr möglich ist.

Sehr günstig als Kriterium für diese Messungen ist nun eine Interferenzerscheinung, welche zuerst von Lummer[4]) beschrieben ist; die Lummerschen Doppelringe im polarisierten Licht ermöglichen eine Messung auch bei starker Variation

[1]) Neumann, *Pogg. Ann.* **54.** *S. 455. 1841.*

[2]) Czapski, *Ann. d. Physik* **42.** *S. 319. 1891.*

[3]) Die Formeln von Czapski gelten nur angenähert. Streng genommen läßt sich von einem ordentlichen Strahl nur sprechen, wenn das Deformationsellipsoid ein Rotationsellipsoid ist, was nur bei gleichförmiger Kompression der Fall ist. Bei dem durch thermische Einflüsse gespannten Glase ist aber stets ungleichförmige Doppelbrechung vorhanden, die kleinsten Teile sind somit als zweiaxig aufzufassen.

[4]) O. Lummer, *Ann. d. Physik* **22.** *S. 49. 1907.*

der Doppelbrechung und haben überdies den Vorzug, daß eine Drehung der Polarisationsebene keinen Einfluß auf die Messung ausübt.

Legt man zwei rechtwinklige Prismen mit den Hypotenusenflächen so aneinander, daß zwischen ihnen eine dünne planparallele Luftschicht von etwa $^1/_{1000}$ *mm* Dicke entsteht, so spaltet sich der eintretende linearpolarisierte Strahl *e*, dessen Schwingungsazimut 45⁰ betragen möge, in eine Reihe von Strahlen S_1, S_2, S_3..., deren Schwingungsazimut verschieden ist, wie in Fig. 2 angedeutet. Vereinigt man die Teilbündel durch

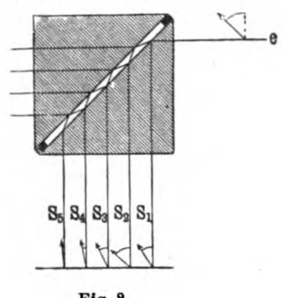


Fig. 2.

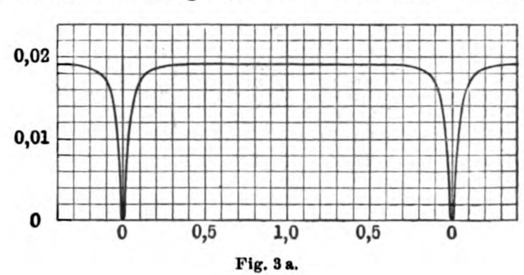


Fig. 3 a.

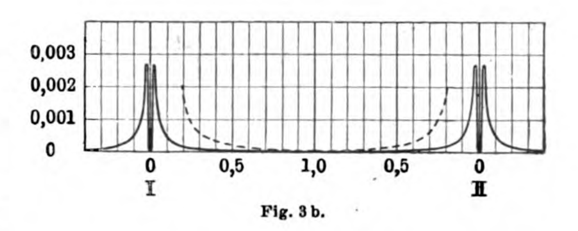


Fig. 3 b.

eine Linse, so entsteht in deren Brennebene ein Interferenzstreifensystem, dessen größte Schärfe an der Grenze der Totalreflexion auftritt. Die Lage der Streifen ist vom Polarisationszustand völlig unabhängig, ändert sich jedoch mit der Wellenlänge. Benutzt man homogenes Licht, und läßt die aus dem Prismensystem austretenden Strahlen einen Analysator passieren, so treten bei passender Stellung des Analysators zwischen den ursprünglichen Streifen neue breite Streifen auf, deren größte Schärfe erreicht wird, wenn das Teilbündel S_1 völlig ausgelöscht wird. Beobachtet man die Erscheinung im reflektierten Licht, so stellt sich die Intensitätsverteilung der Interferenzstreifen dar, wie Fig. 3 zeigt. Es treten bei parallelen Nicols scharfe Minima auf (Fig. 3a), zwischen denen sich bei gekreuzten Nicols ein breites Minimum ausbildet (Verdoppelungsstreifen, Fig. 3 b). Die gestrichelte Linie gibt die Intensitäten des mittleren Teiles in 10-fach vergrößertem Maßstab.

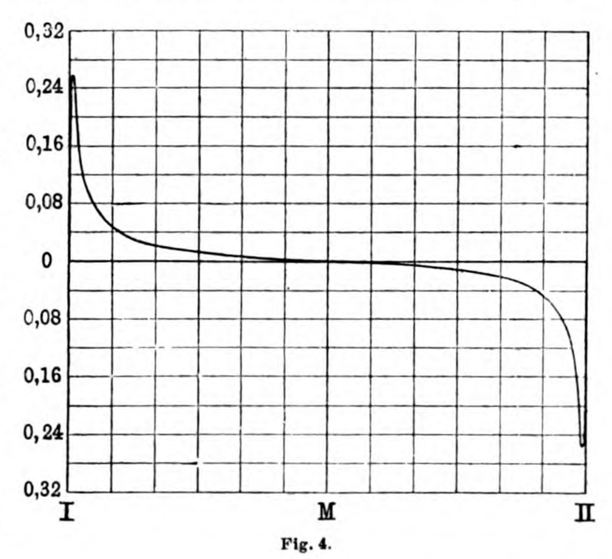


Fig. 4.

Wie nun Sorge[1]) nachwies, verursacht eine geringe Ellipsizität des einfallenden Lichtes eine starke Verschiebung des Verdopplungsstreifens, so daß diese Erscheinung als gutes Kriterium für Phasendifferenzen im einfallenden Licht gelten kann. Eine Elliptizität von $\pm\, 0{,}001\, \lambda$ entspricht einer Verschiebung des Streifens um $^1/_{20}$ des Abstandes der im natürlichen Licht bzw. bei parallelen Nicols auftretenden Streifen, und zwar verschiebt, wie Fig. 4

[1]) **Sorge**, *Dissertation Breslau 1909.*

angibt, positive Ellipsizität den Verdopplungsstreifen nach Streifen I, negative nach Streifen II, wobei unter Streifen I der nächst der Grenze der Totalreflexion auftretende Streifen zu verstehen ist.

Unter Benutzung dieses Kriteriums ergibt sich nun folgende Versuchsanordnung (Fig. 5). Der Bogen einer Quecksilberlampe Q wird durch den Kondensor L_1 auf dem Spalt S_1 eines Monochromators abgebildet. Das Spektrum wird in der Ebene des Spaltes S_2 erzeugt. Dieser blendet das Licht der hellgrünen Quecksilberlinie $\lambda = 546{,}1$

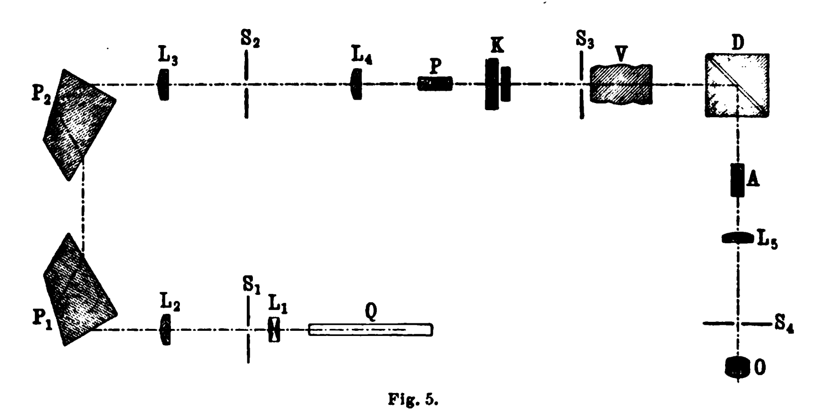


Fig. 5.

aus. Durch das Objektiv L_4 parallel austretend, durchsetzt das Licht den Polarisator P, den Kompensator K, das Versuchsstück V, vor welchem gegebenenfalls eine Blende S_3 anzuordnen ist, und gelangt zum Prismensystem D. Die reflektierten Strahlen passieren den Analysator A, werden durch Objektiv L_5 in dessen Brennebene vereinigt, und die dort entstehende Interferenzerscheinung wird mit dem Okular O beobachtet. Auf den Zweck des Okularspaltes S_4 werde ich noch zurückkommen.

Fig. 6 gibt das Bild des Apparates. Da mit diesem einerseits große Scheiben untersucht werden sollten, anderseits auch die Möglichkeit der Untersuchung der Versuchsstücke bei höheren Temperaturen vorzusehen war, so ergab sich für die Konstruktion, um Heizvorrichtungen anbringen zu können, welche auf die optischen Teile des Apparates keinen Einfluß haben durften, die Notwendigkeit, das Kollimatorrohr mit den ihm zugeordneten Teilen möglichst weit vom Okularteil zu entfernen. Ferner mußte, um bei der Untersuchung größerer Scheiben jedes Stück des Versuchskörpers ins Gesichtsfeld bringen zu können, die Achse möglichst kurz gehalten werden.

Der Apparat ruht auf einem runden gußeisernen Fuß von 600 *mm* Durchmesser, welcher mit Horizontierungsschrauben versehen ist. Auf einem Anguß dieses Fußes steht eine Säule, welche Kollimatorrohr, Polarisator und Soleil-Babinetschen Kompensator trägt. Das Kollimatorrohr ist mit einem symmetrischen Spalt S versehen; die Klemmung des Spaltrohres erfolgt durch die Schraube a. Das Objektiv ist in besonderem Rohr gefaßt und mit Trieb T_1 verstellbar. Hinter dem Fernrohr ist ein Tischchen A_1 angebracht, welches zur Aufnahme eines Geradsichtprismas bestimmt ist. Die Horizontierung des Tischchens A_1 erfolgt durch zwei Schrauben und eine Druckfeder. Zur Einstellung auf die gewünschte Wellenlänge kann das Tischchen mit einem Schneckentrieb um seine Achse gedreht werden. Bei der großen Länge des optischen Weges im Apparat ist schon die Dispersion eines geradsichtigen, dreiteiligen Prismas für die meisten Zwecke genügend, um bei Verwendung einer Quecksilberlampe im monochromatischen Licht beobachten zu können, zumal bei Verwendung des Okularspaltes.

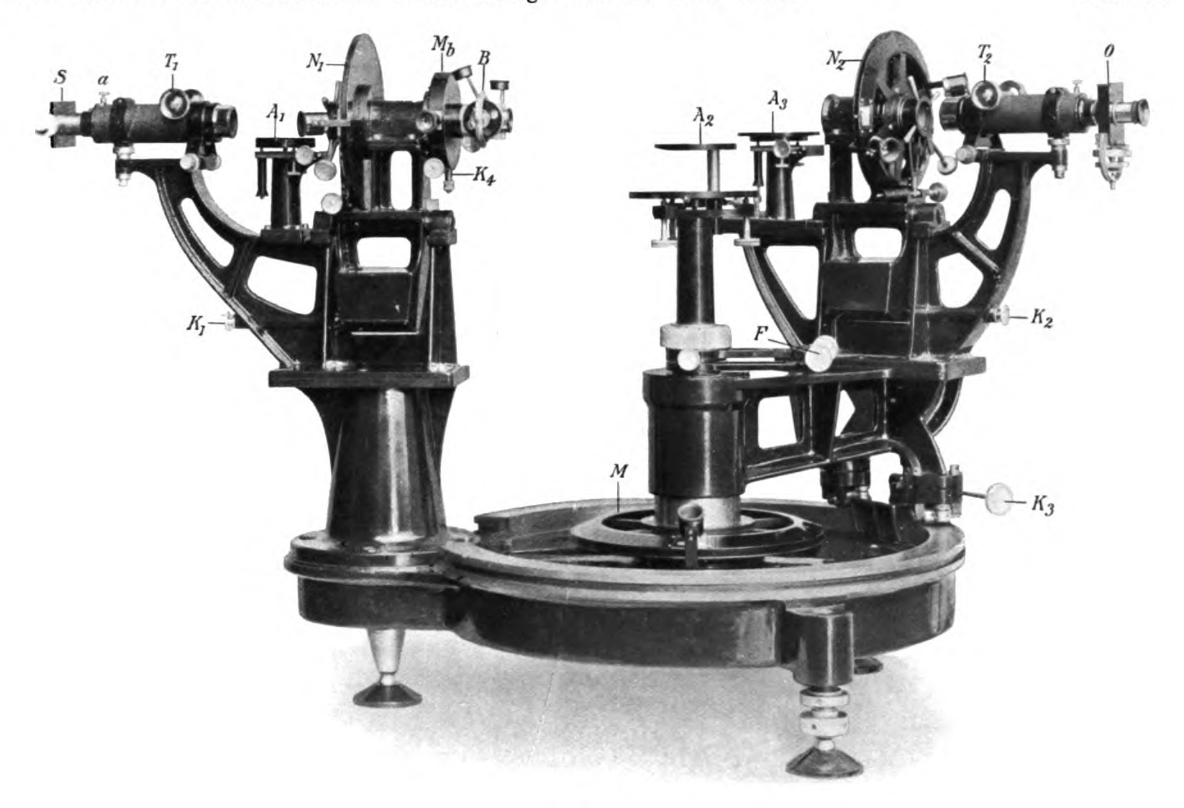


Fig. 6.

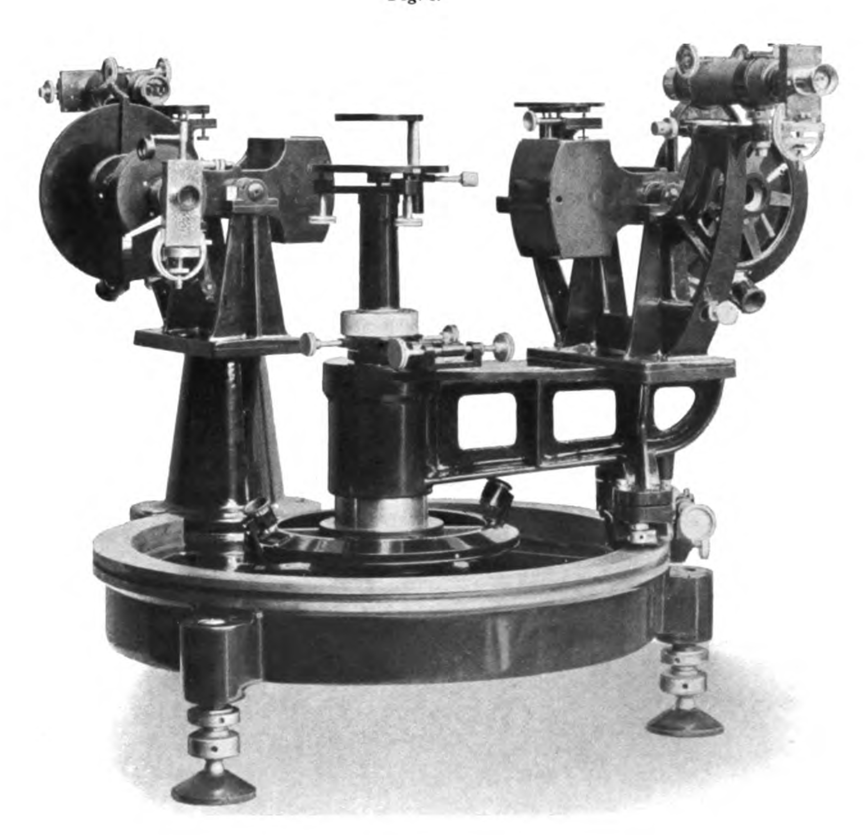


Fig. 6a.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Ist es jedoch erforderlich, jede Spur von Nebenlicht zu vermeiden, so ist es ratsam, einen vom Apparat getrennten Monochromator zu verwenden. Für die später zu beschreibenden Messungen an kleinen Glasstäbchen habe ich die Verwendung eines Monochromators vorgezogen, weil in diesem Falle bei der Kleinheit der Blenden vor dem Versuchsstück durch Beugung und durch Reflexion an den Begrenzungsflächen derselben viel Nebenlicht auftrat, wodurch die Genauigkeit der Messung merklich beeinträchtigt wurde.

Der Polarisator N_1 und der Kompensator B mit seinem Azimutalkreis M_b sind auf einem Gußstück befestigt, das um zwei Zapfen drehbar ist. Es ist mithin möglich, diese Teile aus dem Strahlengang herauszuklappen. Der konische Zapfen K_1, welcher in eine entsprechende Bohrung des Gußstückes durch eine Feder leicht eingepreßt wird, bewirkt, daß beim Herauskippen und Zurückschlagen die Justierung dieser Teile nicht geändert wird. Es hat sich gezeigt, daß bei derartiger Fixierung eine Einstellungsänderung nicht erfolgt. In Anbetracht der Dimensionen des Apparates bietet diese Vorrichtung jedoch eine so große Annehmlichkeit bei der Justierung, daß ihre Anbringung bei großen Apparaten allgemein wünschenswert erscheint.

Der zur Aufnahme der Versuchsstücke bestimmte Tisch A_2, welcher sowohl in Höhe, als auch in horizontaler Lage (durch F) justiert werden kann, wird auf die Achse durch einen Schraubring aufgesetzt und kann mit Hilfe von Schraube F fein verstellt werden. An Stelle dieses Tisches kann eine Vorrichtung zur Aufnahme großer Scheiben eingesetzt werden, welche aus einer Laufbahn besteht, in welcher ein Schlitten verschiebbar ist, der die in Fassung befindlichen Scheiben trägt.

Der bewegliche Teil des Apparates (der Okularteil) ist, da eine Entlastung durch Gegengewicht infolge der Größe der bewegten Massen nicht möglich war, bei K_3 auf Rollen geführt und durch Federn entlastet. An der gleichen Stelle befindet sich die Klemmung und die Feinverstellung.

Auf dem durch eine Brücke mit der Achse verbundenen Unterbau erhebt sich der Träger für das Beobachtungsfernrohr OT_2, den Analysator N_2 und ein verschiebbares Tischchen A_3, welches zur Aufnahme der Prismenkombination bestimmt ist. Seine Justierung ist in gleicher Weise möglich wie bei A_1. Um bei verschiedenen Wellenlängen beobachten zu können, wobei naturgemäß der Winkel der Totalreflexion sich ändert, ist für dieses Tischchen A_3 überdies noch eine Verschiebung in Richtung der Achse des Beobachtungsfernrohres vorgesehen. Der Analysator ist in gleicher Weise montiert wie der Polarisator; auch er läßt sich herauskippen und wird durch den konischen Zapfen K_2 in seiner Lage fixiert. Das Okularrohr ist dem Kollimatorrohr entsprechend montiert und kann je nach Bedarf mit Okularmikrometer oder Okularspalt versehen werden.

Analysator- und Polarisatorteilkreis sind auf halbe Grade geteilt und gestatten mit Nonius eine Ablesung auf Minuten. Der für den Babinetschen Kompensator verwendete Azimutalkreis ist von Grad zu Grad geteilt und mit Nonius auf Zehntel-Grade ablesbar. Der untere Teilkreis M, der die Stellung des Okularrohres angibt, ist ebenfalls mit Nonien auf Minuten ablesbar. Für sämtliche Nonien sind Lupen an besonderen Haltern vorgesehen.

Die Meßschraube des Babinetschen Kompensators hat eine Ganghöhe von 0,25 *mm*, die Trommel ist in 250 Teile geteilt, so daß eine Verschiebung von $^1/_{1000}$ *mm* ablesbar ist.

(Schluß folgt.)

Bestimmung der Abhängigkeit der Lage der Hauptebenen von Zone und Wellenlänge mit dem Abbeschen Fokometer.

Von
H. Faßbender.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Ein Objektiv ist für eine bestimmte Farbe aplanatisch korrigiert, wenn für die betreffende Wellenlänge die Sinusbedingung erfüllt ist, d. h. wenn die seitliche Brennweite konstant ist. Unter seitlicher Brennweite ist dabei der Abstand des Vereinigungspunktes vom Hauptpunkt der betreffenden Zone zu verstehen. Um daher entscheiden zu können, ob die Sinusbedingung erfüllt ist, muß man außer der sphärischen Aberration der Vereinigungspunkte auch die Lage der Hauptpunkte für die verschiedenen Zonen kennen.

Methoden zur Bestimmung der Hauptpunkte sind in der Literatur zahlreich angegeben. Mit wenigen Ausnahmen eignen sie sich prinzipiell nicht zur Bestimmung der Abhängigkeit der Hauptpunkte von Zone und Wellenlänge, ganz abgesehen davon, daß ihre Genauigkeit nicht ausreicht, um diese geringen Unterschiede messen zu können. Hartmann gibt in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 40. 1904* ein Verfahren an, das zum Ziel führt.

Der hierzu erforderliche Apparat besteht aus einem Mikroskop, dessen Objekttisch einen mikrometrisch verschiebbaren Schlitten besitzt. Auf den Objekttisch wird eine Glasskala gelegt und so ausgerichtet, daß ihre Striche senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens laufen und ein Strich im mittleren Teil derselben zwischen den beiden Fäden des Fadenkreuzes im Okular abgebildet wird. Über die Skala wird das zu untersuchende Objektiv so aufgelegt, daß seine Achse mit der Achse des Mikroskops koinzidiert. Beim Verschieben des Schlittens wandert das Bild der Skala durch das Gesichtsfeld des Okulars. Stellt man auf zwei von der optischen Achse gleich weit entfernte Striche ein, und beträgt ihr Abstand $2r$, so ist hierzu eine Verschiebung des Schlittens um $2r'$ notwendig, wo $r > r'$.

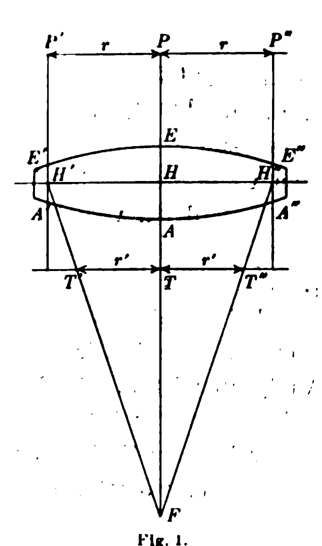


Fig. 1.

In nebenstehender Figur 1 bedeute PF die optische Achse des Objektivs, $P'E'$ und $P''E''$ zwei um den gleichen Abstand r von dieser entfernte und zu ihr parallel laufende Strahlen. Nach dem Durchgang durch das Objektiv konvergieren dieselben in den Richtungen $T'F$ und $T''F$. Die Schnittpunkte der Richtungen $P'E'$ bzw. $P''E''$ mit $T'F$ bzw. $T''F$ definieren die Hauptpunkte H' und H''. Aus der Figur ergibt sich

$$\frac{r - r'}{r} = \frac{HT}{HF} \quad \text{oder} \quad HT = \frac{r - r'}{r} HF. \qquad 1)$$

Für die weitere Überlegung nehmen wir der einfacheren Darstellung wegen an, daß das Objektiv und die Skala fest liegen und das Mikroskop verschoben wird. Bedeutet dann in obiger Figur PE die durch das Mikroskop festgelegte Visierlinie bei der anfänglichen Justierung, $P'E'$ und $P''E''$ die Visierlinien nach der beiderseitigen Verschiebung, ferner T', T und T'' die bei den drei Lagen zwischen den Okularfäden

eingestellten Striche der unter dem Objektiv liegenden Skala, so ergibt sich nach obiger Formel aus dem Abstand $T'T'' = 2r'$ und der Verschiebung des Mikroskops $P'P'' = 2r$ die Strecke HT, d. h. der Abstand der für die betreffende Zone r geltenden Hauptebene von der Skala, wenn die Brennweite des Objektivs bekannt ist. Um den Abstand des Hauptpunkts von dem Scheitelpunkt zu erhalten, muß man von der Strecke HT die leicht meßbare Strecke AT, d. h. den Abstand des Scheitelpunkts von der Stirnfläche der Objektivfassung in Abzug bringen.

Eine ähnliche Methode hat Abbe (veröffentlicht wurde diese Methode von S. Czapski, *diese Zeitschr.* **12.** *S. 195. 1892*) zur Bestimmung der Lage der Hauptpunkte mit dem Fokometer angegeben.

Dieses Verfahren ist von Czapski nur kurz charakterisiert worden. Es unterscheidet sich von der Hartmannschen Methode im wesentlichen dadurch, daß die Skala $T'T''$ nicht auf dem beweglichen Schlitten festliegt, sondern unter dem Schlitten fest montiert ist.

Im folgenden soll seine Genauigkeit eingehend diskutiert und speziell gezeigt werden, daſs auch diese Methode zur Bestimmung der sphärischen und chromatischen Aberration der Hauptpunkte verwandt werden kann und der Hartmannschen gegenüber trotz der Ähnlichkeit beider Methoden den Vorzug einer einfacheren Apparatur besitzt.

Es muß als erstrebenswert angesehen werden, die Lage der Hauptpunkte mit der gleichen Genauigkeit festzulegen, wie dies für die Lage der Vereinigungspunkte bei Anwendung der Hartmannschen extrafokalen Messungen möglich ist. Für diese Methode beträgt der mittlere Fehler $\frac{HF}{r} . 0{,}001\ mm$. Hartmann zeigt (l. c.), daß bei seiner Methode der Hauptpunktsbestimmung die Verschiebung des Schlittens auf ein μ genau meßbar sein muß, um diese Genauigkeit zu erhalten. Das ist zwar durchaus möglich, stellt aber an die Schlittenverschiebung die Anforderung höchster Präzision.

Man erkennt leicht, daß bei der Abbeschen Methode das einer Schlittenverschiebung um r *mm* entsprechende Skalenintervall unmittelbar die Größe $(r - r')$ darstellt. Bei dieser Deutung der Größen r und $(r - r')$ gilt auch für diese Methode die auf *S.* 210 angegebene Gl. 1). Ein Fehler in HT kann demnach bedingt werden

1. durch einen Fehler in $(r - r')$,
2. durch einen Fehler in r, und
3. durch einen Fehler in HF.

Der durch ein falsches $(r - r')$ bedingte Fehler ist gegeben durch den Ausdruck

$$\Delta HT = \frac{HF}{r} \cdot \Delta (r - r') .$$

Der mittlere Fehler einer Hauptpunktbestimmung soll $\frac{HF}{r} \cdot 0{,}001\ mm$ betragen. Damit also der durch ein falsches $(r - r')$ bedingte Fehler nicht größer wird, darf $\Delta (r - r')$ den Betrag 0,001 *mm* nicht überschreiten. Alsdann wird für die Randzone, für die wir als Zahlenbeispiel $\frac{HF}{r} = 20$ setzen, dieses $\Delta HT = 0{,}02\ mm$. Da, wie wir oben gesehen, $(r - r')$ das auf der Glasskala abgelesene Skalenintervall ist, so müssen die Fehler dieser Skala auf 1 μ genau bekannt sein. Dies ist aber ohne weiteres möglich. Von den unter 2 und 3 angegebenen Fehlern wird im folgenden gezeigt, daß sie gegenüber dem ersten Fehler nicht in Betracht kommen.

Ein Fehler in r ist durch eine falsche Ablesung der Schlittenverschiebung bedingt. Die Verschiebung des Schlittens kann bei der üblichen Ausführung des Abbeschen Fokometers auf 0,02 *mm* genau gemessen werden. Der durch diesen Betrag $\Delta r = 0{,}02\,mm$ bedingte Fehler berechnet sich zu

$$\Delta HT = 0{,}02 \, . \, HF(r - r')\, r^{-2}.$$

Die Größe von $(r - r')$ richtet sich nach dem Abstand der Glasskala von der Hauptebene. In dem untenstehenden Zahlenbeispiel ist $(r - r') = 0{,}4\,mm$. Für $\frac{HF}{r} = 20$ und die Randzone $r = 20$ wird daher dieser Fehler $\Delta HT = 0{,}008\,mm$. Der durch Δr bedingte Fehler kommt also bei der normalen Ausführung des Abbeschen Fokometers dem aus $\Delta (r - r')$ resultierenden gegenüber nicht in Betracht. Es hätte also bei dieser Methode auch keinen Zweck, etwa die Genauigkeit in der Bestimmung der Schlittenverschiebung zu erhöhen.

Endlich kann noch ein Fehler durch eine falsche Brennweite HF bedingt werden. Dieser Fehler geht aber nur mit dem sehr kleinen Bruch $\frac{r - r'}{r}$ multipliziert in die Rechnung ein, so daß sein Einfluß sehr gering ist. Aus diesem Grunde darf man bei der Berechnung der Größen HT zunächst die Brennweiten konstant annehmen und hierfür einen nach einer der üblichen Methoden bestimmten mittleren Wert einsetzen. Sind die sphärischen Aberrationen des Vereinigungspunktes bekannt, so bringt man diese Korrektionen an dem mittleren Wert der Brennweite an. Zum Schluß kann man mit Hilfe der so bestimmten Hauptpunkts-Aberrationen die wahren Brennweiten FT für die einzelnen Zonen ermitteln und mit diesen nochmals die Strecken HT in zweiter Annäherung berechnen.

Wir haben also gesehen, daß wir bei der von Abbe angegebenen Methode der Bestimmung der Hauptpunkte bei der üblichen Ausführung des Abbeschen Fokometers die gleiche Genauigkeit erhalten wie bei der von Hartmann angegebenen Methode, d. h. die Lage der Hauptpunkte mit der gleichen Genauigkeit festlegen können, wie die Lage der Vereinigungspunkte bei Anwendung der Methode der extrafokalen Messungen.

Ist ein Abbesches Fokometer vorhanden, so wird man also dieser Methode den Vorzug geben. Muß ein geeigneter Apparat neu zusammengestellt werden, so wird dies bei der Abbeschen Methode ebenfalls geringere Schwierigkeiten machen, da eine gewöhnliche Schwalbenschwanz-Führung mit Noniusablesung genügt, während bei der Hartmannschen Methode eine Schlittenführung höchster Präzision erforderlich ist.

Im folgenden ist die Abbesche Methode zur Bestimmung der sphärischen und chromatischen Aberrationen eines Spektrometerobjektivs von 447 *mm* Brennweite und 49 *mm* Öffnung angewandt.

Bei diesen Messungen war die Versuchsanordnung im einzelnen folgende:

An das Fokometer in seiner üblichen Ausführung wurde ein Zeiss-Okular Nr. 5 mit einer Äquivalentbrennweite von 20 *mm* und ein Zeiss-Achromat Nr. 1 mit 47 *mm* Brennweite angesetzt. Als Skala diente eine in Zehntel-Millimeter geteilte 10 *mm* lange Glasskala, die unter dem Mikroskoptisch auf einem Träger mit etwas Klebwachs aufgesetzt war. Der Abstand der Stirnfläche des unteren Objektivrandes von der Glasskala betrug etwa 13 *mm*, so daß einer Verschiebung des Objektivs um ca. 40 *mm* eine Verschiebung der Glasskala im Okular um 0,8 *mm* entsprach. Je nach der Brennweite und der Lage der Hauptpunkte wird man den Abstand Glasskala—Objektivrand

anders wählen, damit den verschiedenen Zonen, für die das Objektiv untersucht werden soll, ganzteilige Skalenintervalle der Glasskala entsprechen.

Die Untersuchung wurde bei drei verschiedenen Farben, Blau, Grüngelb und Rot, vorgenommen. Es wurde im verdunkelten Zimmer gearbeitet und die Glasskala von unten mittels Gipsschirms beleuchtet. Bei Blau und Grün wurde eine Quarzglas-Quecksilberlampe mit zwischengeschalteten Jenenser Farbgläsern 447^{III} bzw. 454^{III} verwandt, so daß im wesentlichen die blaue bzw. grüngelbe Hg-Linie zur Wirkung kam. Bei den Versuchen mit rotem Licht diente als Lichtquelle eine Nernstlampe mit dem Jenenser Farbglas 2728.

Es wurden die Messungen längs zwei zueinander senkrecht stehenden Durchmessern ausgeführt. Die Mittelwerte zweier solcher Messungen sind von dem Astigmatismus auf der Achse unabhängig. Für alle Messungen wurden zwei voneinander unabhängige Versuchsreihen ausgeführt.

In der nachstehenden Tabelle sind die Werte $\frac{r-r'}{r}$ zusammengestellt:

Tabelle I.

Radius der Zone in mm ca.	Positionswinkel des Durchmessers φ	blaues Licht		grüngelbes Licht		rotes Licht	
		I. Reihe	II. Reihe	I. Reihe	II. Reihe	I. Reihe	II. Reihe
20	0	0,01895	0,01897	0,01981	0,01981	0,01997	0,01998
	90	0,01895	0,01894	0,01978	0,01977	0,01994	0,01994
15	0	0,02009	0,02012	0,02079	0,02078	0,02091	0,02089
	90	0,02011	0,02009	0,02075	0,02075	0,02085	0,02087
10	0	0,02083	0,02082	0,02142	0,02141	0,02151	0,02150
	90	0,02081	0,02079	0,02137	0,02137	0,02148	0,02148
5	0	0,02108	0,02100	0,02172	0,02164	0,02177	0,02177
	90	0,02109	0,02106	0,02167	0,02164	0,02173	0,02172

In der nachfolgenden Tabelle sind die vom Astigmatismus freien Mittelwerte gebildet:

Tabelle II.

Radius der Zone in mm ca.	blaues Licht		grüngelbes Licht		rotes Licht	
	I. Reihe	II. Reihe	I. Reihe	II. Reihe	I. Reihe	II. Reihe
20	0,01895	0,01896	0,01980	0,01979	0,01996	0,01996
15	0,02010	0,02010	0,02077	0,02076	0,02088	0,02088
10	0,02082	0,02080	0,02140	0,02139	0,02150	0,02149
5	0,02108	0,02103	0,02170	0,02164	0,02175	0,02174

Die absolute Brennweite wurde für $r = 20$ *mm* und $\lambda =$ rd. 546 $\mu\mu$ mit dem Abbeschen Fokometer bestimmt. An dieser wurden die sich aus extrafokalen Messungen ergebenden sphärischen Aberrationen als Korrektionen angebracht. Man erhielt hierdurch für die Brennweiten als Abstand der einzelnen Vereinigungspunkte von dem Hauptpunkt H_0 für $r = 20$ und $\lambda = 546\ \mu\mu$ die Werte der Tabelle III.

Tabelle III.

Radius der Zone in mm ca.	blaues Licht	grüngelbes Licht	rotes Licht
20	447,205	446,957	447,345
15	447,570	447,304	447,581
10	447,483	447,242	447,685
5	447,754	447,420	447,792

Mittels der Formel auf S. 210 unten berechnen sich aus den Werten der Tabelle II und III folgende Größen HT.

Tabelle IV.

Radius der Zone in mm	blaues Licht			grüngelbes Licht			rotes Licht		
	I. Reihe	II. Reihe	Mittel	I. Reihe	II. Reihe	Mittel	I. Reihe	II. Reihe	Mittel
20	8,475	8,479	8,477	8,850	8,845	8,848	8,929	8,929	8,929
15	8,996	8,996	8,996	9,291	9,286	9,288	9,346	9,346	9,346
10	9,317	9,308	9,312	9,571	9,567	9,569	9,626	9,621	9,624
5	9,439	9,441	9,440	9,709	9,682	9,696	9,739	9,735	9,737

Die Größen HT stellen den Abstand der Glasskala vom Hauptpunkt dar. Der Abstand der Glasskala von dem Scheitelpunkt des Objektivs wurde gemessen zu 19,38 *mm*. Die Hauptpunkte liegen also *außerhalb* des Objektivs. Um die gesuchten Größen H, d. h. den Abstand der Hauptpunkte von dem Scheitelpunkt, zu erhalten, sind die Werte der Tabelle IV von 19,38 abzuziehen; man erhält folgende H-Werte.

Tabelle V.

Radius der Zone in mm	blaues Licht			grüngelbes Licht			rotes Licht		
	I. Reihe	II. Reihe	Mittel	I. Reihe	II. Reihe	Mittel	I. Reihe	II. Reihe	Mittel
20	10,905	10,901	10,903	10,530	10,535	10,532	10,451	10,451	10,451
15	10,384	10,384	10,384	10,089	10,094	10,092	10,034	10,034	10,034
10	10,063	10,072	10,068	9,809	9,813	9,811	9,754	9,759	9,756
5	9,941	9,939	9,940	9,671	9,698	9,684	9,641	9,645	9,643

Bei den weiteren Betrachtungen werden nur noch die Mittelwerte der ersten und zweiten Meßreihe berücksichtigt.

Bezeichnet man den Wert H für $r = 20$ und gelbgrünes Licht mit H_0, so erhält man folgende Differenzen $(H - H_0)$:

Tabelle VI.

Radius der Zone in mm	blaues Licht	gelbgrünes Licht	rotes Licht
20	+ 0,371	± 0	— 0,081
15	— 0,148	— 0,440	— 0,498
10	— 0,464	— 0,721	— 0,776
5	— 0,592	— 0,848	— 0,889

Mittels dieser Korrektionen und der Werte der Tabelle III berechnen sich folgende wahre Brennweiten, definiert als Abstand des Vereinigungspunktes von der

zugehörigen Hauptebene. Dabei sind die Werte der Tabelle VI sind von den Werten der Tabelle III abzuziehen, da die Hauptpunkte außerhalb des Objektivs liegen.

Tabelle VII.

Radius der Zone in *mm*	blaues Licht	gelbgrünes Licht	rotes Licht
20	446,834	446,957	447,426
15	447,718	447,744	448,079
10	447,947	447,963	448,461
5	448,346	448,268	448,681

Im folgenden sind mit diesen Werten und den Mittelwerten der Tabelle II nochmals die HT-Werte, d. h. die Abstände der Hauptpunkte von der Glasskala, ausgerechnet.

Tabelle VIII.

Radius der Zone in *mm*	blaues Licht	gelbgrünes Licht	rotes Licht
20	8,472	8,850	8,931
15	8,999	9,295	9,356
10	9,322	9,586	9,642
5	9,442	9,714	9,754

Aus diesen Werten berechnen sich folgende H-Werte:

Tabelle IX.

Radius der Zone in *mm*	blaues Licht	gelbgrünes Licht	rotes Licht
20	10,908	10,530	10,449
15	10,381	10,085	10,024
10	10,058	9,794	9,738
5	9,938	9,666	9,626

Vgl. hierzu die Kurventafel Fig. 2.

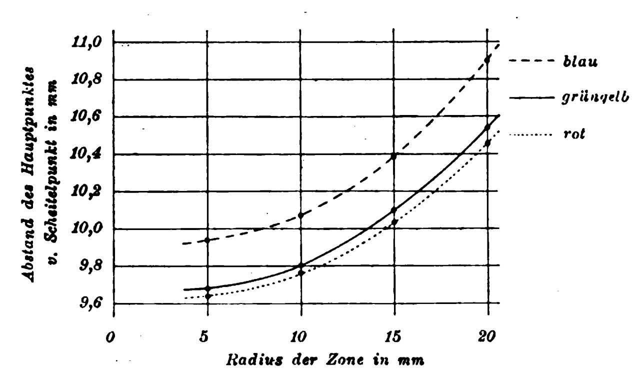


Fig. 2. Abstand des Hauptpunkts vom Scheitelpunkt.

Bezeichnet man wiederum den Wert für gelbgrünes Licht und die Zone $r = 20$ mit H_0, so ergeben sich folgende Differenzen $H - H_0$:

Tabelle X.

Radius der Zone in mm	blaues Licht	gelbgrünes Licht	rotes Licht
20	+ 0,378	± 0	— 0,081
15	— 0,149	— 0,445	— 0,506
10	— 0,472	— 0,736	— 0,792
5	— 0,592	— 0,864	— 0,904

Subtrahiert man diese Werte von den Werten der Tabelle III, so erhält man nachfolgend die wahren Brennweiten in zweiter Annäherung.

Tabelle XI.

Radius der Zone in mm	blaues Licht	gelbgrünes Licht	rotes Licht
20	446,827	446,957	447,426
15	447,719	447,749	448,087
10	447,955	447,978	448,477
5	448,346	448,284	448,696

Um zu prüfen, ob die Sinusbedingung für dieses Objektiv erfüllt ist, berechnen wir die seitlichen Brennweiten, d. h. die Werte $\sqrt{F^2 + r^2}$, und bilden ihre Differenzen gegenüber dem für die Randzone geltenden Wert.

Für *blaues* Licht erhält man die in Tabelle XII angegebenen Werte.

Tabelle XII.

F^2	r^2	$F^2 + r^2$	$\sqrt{F^2 + r^2}$	Differenzen in mm
199 654	400	200 054	447,274	— 1,100
200 452	225	200 677	447,970	— 0,404
200 664	100	200 764	448,067	— 0,307
201 014	25	201 039	448,374	± 0

Für *gelbgrünes* Licht erhält man die nachfolgenden Werte:

Tabelle XIII.

F^2	r^2	$F^2 + r^2$	$\sqrt{F^2 + r^2}$	Differenzen in mm
199 771	400	200 171	447,405	— 0,907
200 479	225	200 704	448,000	— 0,312
200 684	100	200 784	448,089	— 0,223
200 959	25	200 984	448,312	± 0

Endlich gelten für *rotes* Licht folgende Werte:

Tabelle XIV.

F^2	r^2	$F^2 + r^2$	$\sqrt{F^2 + r^2}$	Differenzen in mm
200 190	400	200 590	447,873	— 0,851
200 782	225	201 007	448,338	— 0,386
201 132	100	201 232	448,589	— 0,135
201 328	25	201 353	447,824	± 0

Aus Tabelle XII—XIV ersieht man, daß die Sinusbedingung keineswegs erfüllt ist, das Objektiv also auch nicht aplanatisch korrigiert ist. Wie Hartmann, (l. c., *S. 44*), gezeigt hat, kann eine schlechte Korrektion eines Objektivs in Bezug auf die Sinusbedingung durch eine schlechte sphärische Korrektion bedingt sein. Hartmann eliminiert den Einfluß der sphärischen Aberration, indem er bei der Berechnung der seitlichen Brennweite die sphärische Aberration gleich Null setzt, und nur die sphärischen Aberrationen der Hauptebenen berücksichtigt. Man macht damit stillschweigend die Voraussetzung, daß die Lage der Hauptebenen in erster Annäherung unverändert bleibt, wenn z. B. durch Retusche der Linsenflächen das Objektiv sphärisch vollkommen korrigiert würde. Unter dieser Voraussetzung sind die seitlichen Brennweiten für gelbgrünes Licht nochmals berechnet, wobei für $r = 20$ *mm* $F = 447{,}000$ *mm* gesetzt wurde.

Man erhält die Werte der Tabelle XV.

Tabelle XV.

Zone in *mm*	5	10	15	20
$\sqrt{r^2 + G^2}$	447,892	447,848	447,696	447,447
Differenz	— 0,445	— 0,401	— 0,249	± 0

Die Differenzen sind zwar gegenüber denen der Tabelle XIII erheblich kleiner, aber immer noch recht bedeutend.

Da das Objektiv ein Achromat nach Gauß ist, waren erhebliche Abweichungen von vornherein zu erwarten.

Nach den Werten der Tabelle V ergibt sich eine maximale Abweichung zwischen den beiden Meßreihen für die einzelnen Zonen:

$$\begin{array}{llllll} r = & 20 & 15 & 10 & 5 & mm \\ \Delta = & \pm 0{,}0025 & \pm 0{,}0025 & \pm 0{,}0045 & \pm 0{,}0135 & ,, \ . \end{array}$$

Da bei den beiden Versuchsreihen für die Brennweite die gleichen Werte eingesetzt wurden, auch die gleichen Striche der Glasskala verwandt wurden, so können diese Fehler nur durch eine fehlerhafte Bestimmung der Schlittenverschiebung erklärt werden. Für diese Fehlerquelle ergab sich auf *S.* 212 für die Zone $r = 20$

$$\Delta\, HT = 0{,}008 \ mm \, .$$

Für die andern Zonen wird dieser Fehler im umgekehrten Verhältnis der Radien größer. Man hat also für

$$\begin{array}{llllll} r = & 20 & 15 & 10 & 5 & mm \\ \Delta = & \pm 0{,}008 & \pm 0{,}012 & \pm 0{,}016 & \pm 0{,}032 & ,, \ . \end{array}$$

Die experimentell gefundenen Differenzen liegen somit sämtlich unter den theoretisch berechneten, maximal zu erwartenden Fehlern.

Zum Schluß seien die seitlichen Brennweiten eines Apochromaten angegeben, also eines aplanatisch korrigierten Objektivs. Die Messung erfolgte in analoger Weise, jedoch bei weißem Licht. In der nachstehenden Tabelle sind für die einzelnen Zonen die seitlichen Brennweiten angegeben sowie deren Differenzen gegen den für die Randzone geltenden Wert. Dabei sind die Werte für eine absolute Brennweite von 1000 *mm* bei gleichbleibendem Öffnungsverhältnis des Objektivs umgerechnet.

Tabelle XVI.

Zone in *mm*	3,5	5,6	10,5	14	17,5	21	24,5	28	30
$\sqrt{r^2+G^2}$	999,33	998,96	999,08	998,97	998,93	999,23	1000,34	999,84	1000,00
Differenz	− 0,67	− 1,04	− 0,92	− 1,03	− 1,07	− 0,77	+ 0,34	− 0,16	± 0

Auch bei diesem Objektiv wurde die Rechnung nochmals unter der Annahme einer vollkommenen sphärischen Korrektion durchgeführt, wobei sich die in Tabelle XVII stehenden Differenzen der seitlichen Brennweiten ergaben.

Tabelle XVII.

Zone in *mm*	3,5	5,6	10,5	14	17,5	21	24,5	28	30
$\sqrt{r^2+G^2}$	999,90	999,84	999,84	999,87	999,90	999,93	999,97	1000,04	1000,00
Differenz	− 0,10	− 0,16	− 0,16	− 0,13	− 0,10	− 0,07	− 0,03	+ 0,04	± 0

Die so erhaltenen Werte für die Differenzen der seitlichen Brennweite sind außerordentlich gering. Berücksichtigt man, daß die Brennweite des Apochromaten mehr als doppelt so groß ist als die Brennweite des Achromaten, so sieht man, daß der Apochromat ganz außerordentlich viel besser aplanatisch korrigiert ist als der Achromat. Man wird den untersuchten Apochromaten als aplanatisch gut korrigiert bezeichnen können.

Neuer elektrischer Pendelantrieb.

Konstruiert und gebaut von Karl Satori in Wien.

Von

Ingenieur **Max Schanzer** in Wien.

Seit Erfindung der Graham-Hemmung ist es erst Dr. Riefler gelungen, die Pendeluhr wesentlich zu verbessern. Es geschah dies durch Erfindung seiner freien Hemmung und des Nickelstahl-Kompensationspendels.

Die Vorteile dieser Hemmung sind bekannt, ebenso auch die vorzüglichen Gangresultate, welche die Rieflersche Anordnung auszeichnen. Die Uhr verlangt jedoch eine erschütterungsfreie Aufstellung, weil sonst zufällige nicht durch den Gangordner verursachte Auslösungen des Laufwerks stattfinden können, welche außerdem bei der subtilen Justierung des Hemmungs-Duplexrades eine Schädigung des ganzen Mechanismus zur Folge haben. Diese bekannten Vor- und Nachteile der Rieflerschen Anordnung führten zu der vorliegenden Konstruktion.

Die Rieflersche Konstruktion verdankt ihre guten Resultate hauptsächlich dem Umstand, daß zum Unterschied von den älteren Konstruktionen die Antriebsenergie fast vollständig für das Pendel wirksam wird, da nur die sehr geringe Auslösearbeit an den Ruheflächen des Hemmungs-Duplexrades zu überwinden ist. Bei der nachfolgend beschriebenen Konstruktion fällt die Auslösearbeit überhaupt weg, die Antriebsenergie wird verlustlos an das Pendel abgegeben, d. h., es muß nicht mehr Energie zugeführt werden, als zur Überwindung der Luftreibung und der molekularen Reibung in den Aufhängfedern nötig ist. Unbeabsichtigte Auslösungen des Laufwerks können niemals stattfinden.

An Hand der beigegebenen Abbildungen sollen nun Konstruktion und Wirkungsweise des neuen Pendelantriebs erläutert werden. Seine Hauptteile sind: Antriebserteiler, Empfänger und Antriebsmagnet samt zugehöriger Kontaktvorrichtung.

Zur *Pendelaufhängung* gehören: eine Stahlwelle W, welche in einem Messingbock BB gelagert ist (Fig. 1) und durch zwei Begrenzungsschrauben in ihrer Lage fixiert wird (letztere in Fig. 1 weggelassen, in Fig. 5 sichtbar). Ferner ein Klemmstück K_1, welches fest auf der Welle W sitzt (Fig. 2) und zwei Aufhängfedern trägt, die nach abwärts gerichtet sind. Mit diesen Aufhängfedern ist ein bewegliches Klemmstück K_2 verbunden, in welches das Pendel mittels Haken und Stift eingehängt wird. Das bewegliche Klemmstück nimmt also an der Schwingung des Pendels teil. Das Klemmstück K_1 und der mit ihm verschraubte Träger T (Fig. 3) bleiben fest.

Der *Antriebserteiler* (Fig. 2 und 3) besteht aus den Antriebsfedern F, welche vom Träger T des festen Klemmstücks nach aufwärts gerichtet sind und zu einem flachen gabelförmigen Stück aus Aluminium, der Antriebsgabel G, führen. Die Schwingungsachsen des Pendels und der Antriebsgabel fallen zusammen.

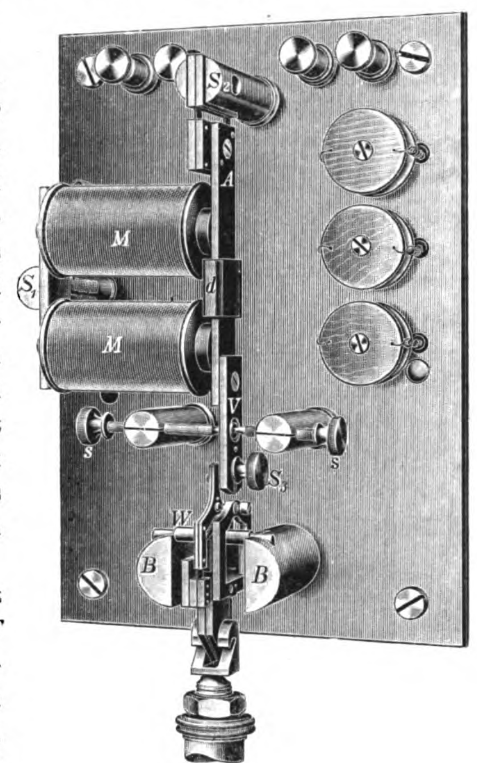


Fig. 1.

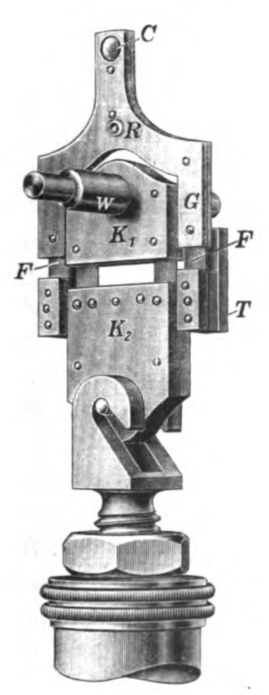


Fig. 2.

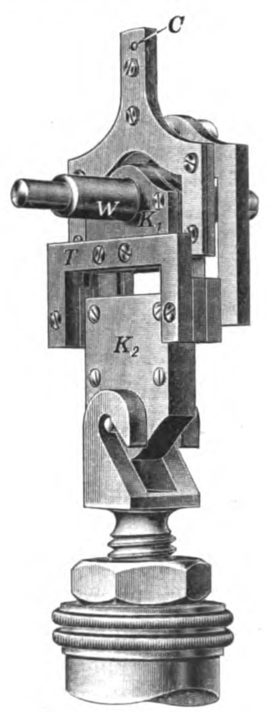


Fig. 3.

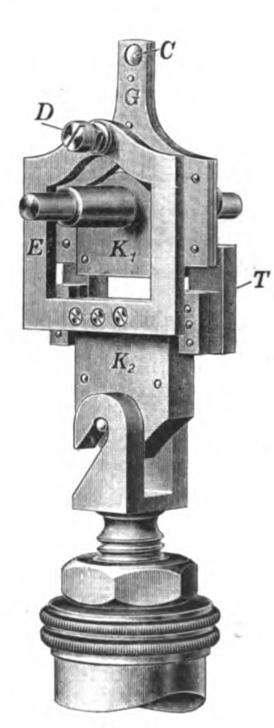


Fig. 4.

Der *Empfänger E* (Fig. 4) ist mit dem beweglichen Klemmstück K_2 verbunden und besteht aus einem Rahmen, der die Welle übergreift und eine justierbare Druckschraube D trägt, an welche sich die Antriebsgabel G federnd anlegt. Die Druckstelle an der Gabel ist durch einen Rubin R armiert (Fig. 2). Im oberen Teil der Aluminiumgabel ist ein Platinkontakt C eingelassen.

Über der Pendelaufhängung ist der *Antriebsmagnet M* montiert (Fig. 1). Eine Messingsäule S_1 trägt das Magnetgestell; an einer zweiten isolierten Säule S_2 ist federnd der Anker A angebracht. Auf den Anker ist eine Dämpferhülse d aus Silber aufgeschoben, um seine Bewegungen sanfter zu machen. Aus demselben Grund sind die Spulenkörper der Magnetwicklung aus Metall hergestellt.

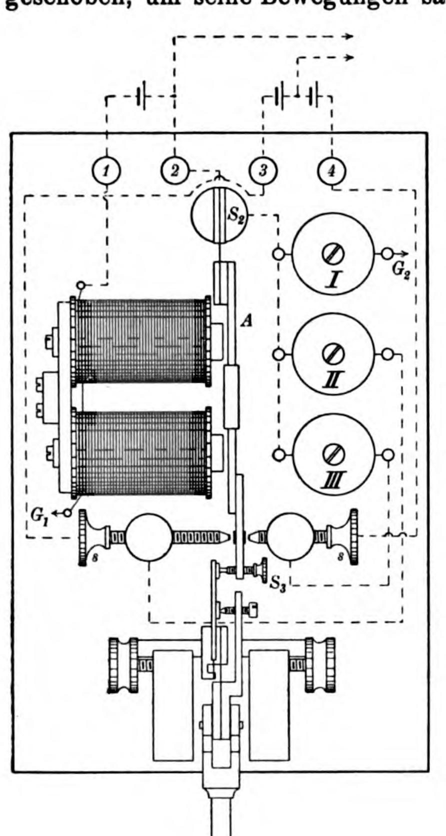


Fig. 5.

Mit dem Anker ist ein Verlängerungsstück V aus Messing verschraubt (Kontaktstück des Ankers), welches beim Hin- und Hergang durch zwei mit Platinspitzen versehene Messingschrauben *ss* abgefangen wird. Die Kontaktstellen sind beiderseits durch kreisförmige Platinplättchen armiert. Am unteren Ende trägt das Kontaktstück des Ankers das Abfall- oder Ankerschräubchen S_3, welches auf den Platinkontakt der Aluminiumgabel einwirkt. Das Ankerschräubchen ist mit Platinspitze versehen.

Parallel zu den drei Unterbrechungsstellen, welche den drei Kontakten des Ankers entsprechen, sind drei Widerstandspulen von je 1000 Ohm angeordnet.

Alle diese Teile sind auf einer Messingplatine untergebracht. Im oberen Teil der Platine sind isoliert vier Schaltklemmen eingebaut (vgl. Fig. 5). An die Klemmen 1 und 2 ist eine Batterie angeschlossen. Klemme 1 führt zum Anfang der Magnetspulen, deren Ende G_1 mit der Platine leitend verbunden ist. Klemme 2 führt außerdem zum Anker und mithin auch zum Ankerschräubchen S_3. Die Säule S_2 ist isoliert eingebaut. Spule I liegt mit dem einen Ende an S_2, mit dem anderen Ende G_2 an der Platine, ist also parallel zur Unterbrechungsstelle S_3 geschaltet.

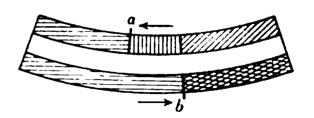
Die Platinspitzen, welche die Hubbegrenzung für den schwingenden Anker bilden, sind isoliert angebracht und leitend mit den Klemmen 3 und 4 verbunden, an welche eine zweite Batterie für das Zeigerwerk angeschlossen ist.

Um die Wirkungsweise der Anordnung zu verstehen, ist zunächst festzuhalten, daß die Antriebsgabel mit dem Gestell verbunden ist, d. h. außerhalb des schwingenden Systems liegt. Denn die Aluminiumgabel ist durch die Antriebsfedern mit dem festen Klemmstück in Verbindung. Dagegen nimmt der Empfängerrahmen mit seinem Schräubchen an der Schwingung des Pendels teil, da er mit dem beweglichen Klemmstück verschraubt ist.

Nehmen wir nun an (vgl. die schematische Fig. 5), das Pendel schwinge nach links: Kurz (2,5 Bogenminuten) nach dem Durchgang durch die Null-Lage macht der

Platinkontakt der Aluminiumgabel, welche jetzt etwas nach rechts nachgeben kann, mit dem Ankerschräubchen S_3 Kontakt und schließt den Stromkreis des Antriebsmagneten. Der Anker wird angezogen, spannt die Antriebsfedern und speichert in ihnen einen gewissen Energiebetrag auf. Das Pendel selbst schwingt vollständig frei weiter nach links. Der Empfängerrahmen entfernt sich von seiner Druckstelle auf der Antriebsgabel. Das Pendel erreicht den Endpunkt links, kehrt um und geht abermals durch die Null-Lage. 2,5 Bogenminuten rechts von dieser legt sich das Druckschräubchen des Empfängerrahmens an seine Druckstelle in der gespannt gehaltenen Aluminiumgabel. Bewegt sich das Pendel weiter, so wird die Gabel vom Ankerkontakt S_3 abgedrückt, unterbricht den Stromkreis der Elektromagnete und der federnde Anker geht zurück. Die gespannte Aluminiumgabel wäre jetzt frei und könnte die in ihr aufgespeicherte Energie abgeben. Das Pendel ist jedoch in diesem Moment nicht bereit, diese Energie aufzunehmen: nach rechts schwingend, läßt es eine Entladung der Antriebsfedern nicht zu. Es muß abgewartet werden, bis das Pendel, von rechts zurückkehrend dieselbe Stelle passiert. Daher tritt vorläufig eine weitere Spannung der Antriebsfedern ein, bis die Endlage rechts erreicht ist. Beim Rückgang bis kurz (2,5 Bogenminuten) vor der Null-Lage nehmen die Antriebsfedern wieder ihren früheren Spannungszustand an. Ihre restliche Energie kann nunmehr an das schwingende Pendel abgegeben werden, denn die Antriebsgabel drückt jetzt auf das Schräubchen des Empfängerrahmens und beschleunigt das linksschwingende Pendel, bis es um 2,5 Bogenminuten die Null-Lage überschritten hat, erteilt ihm also auf dem Wege von 5 Bogenminuten (dem Antriebsbogen) den für einen Hin- und Hergang erforderlichen Impuls. Dann macht die Antriebsgabel wieder Kontakt am Anker und erfährt unabhängig vom weiterschwingenden Pendel ihre neuerliche Spannung durch den Antriebsmagneten. Diese Spannung bleibt wieder aufgespeichert, bis das Pendel, von rechts kommend, abermals 2,5 Bogenminuten vor der Null-Lage angelangt ist.

Das Pendel schwingt also, wie das Schwingungsdiagramm Fig. 6 zeigt, auf der Hälfte seines Weges vollständig frei. Nur 2,5 Bogenminuten rechts der Null-Lage bis in die Endlage rechts und zurück, 2,5 Bogenminuten über die Null-Lage hinaus, wirken Empfängerrahmen und Aluminiumgabel aufeinander ein. Die 5 Bogenminuten rechts und links der Null-Lage bilden den Antriebsbogen.



Das Pendel schwingt ganz frei.

Die Antriebsfeder gibt die vom Antriebsmagneten empfangene Energie an das Pendel ab.

Die Antriebsfeder drückt auf das Pendel zurück.

Das Pendel drückt auf die Antriebsfeder.

a Strom wird geschlossen.
b Strom wird geschlossen.

Fig. 6.

Bei jedem Hin- und Hergang macht der Anker links und rechts Kontakt an den beiden Platinspitzen von *ss*. Der Hub des Ankers beträgt an dieser Stelle ca. 0,2 *mm*. Die Kontaktgebung findet jedesmal statt, wenn das Pendel um 2,5 Bogenminuten die Null-Lage überschritten hat. Durch diese Kontakte wird das Zeigerwerk betätigt. Die Spulen *II* und *III* dienen als Nebenschlüsse für die Zeigerwerk-Kontakte.

Ein Pendelantrieb der beschriebenen Art befindet sich gegenwärtig in der k. k. Sternwarte Wien in Erprobung.

In nachfolgendem sei auseinandergesetzt, welche Umstände die Präzision des Antriebs günstig beeinflussen:

1. Fortfall aller Lager und reibenden Teile des Uhrwerks; es treten nur molekulare Reibungen auf. Das Pendel schwingt auf der Hälfte seines Weges vollständig frei.

2. Die vom Antrieb abgegebene Energie geht ganz (ohne Nebenarbeiten) auf das Pendel über, während bei den bisherigen Konstruktionen ein großer Teil der Antriebsenergie in mechanische Reibung (und zwar während des ganzen Weges) verwandelt wird oder bei den neueren freien Hemmungen doch wenigstens die Auslösearbeit zu leisten hat. Um ein Scheren zwischen dem Rubin der Antriebsgabel und dem Druckschräubchen des Empfängers zu vermeiden, sind Antriebsgabel und Empfänger um dieselbe Achse schwingbar angeordnet. Die Antriebsenergie ist äußerst gering, sie beträgt nur 8 *Milliwatt*, d. h. der elektrische Bedarf einer gewöhnlichen Glühlampe würde genügen, um 5000 solcher Uhren mit Antriebsenergie zu versorgen. Im Vakuum sinkt der Bedarf bis auf 1 *Milliwatt.*

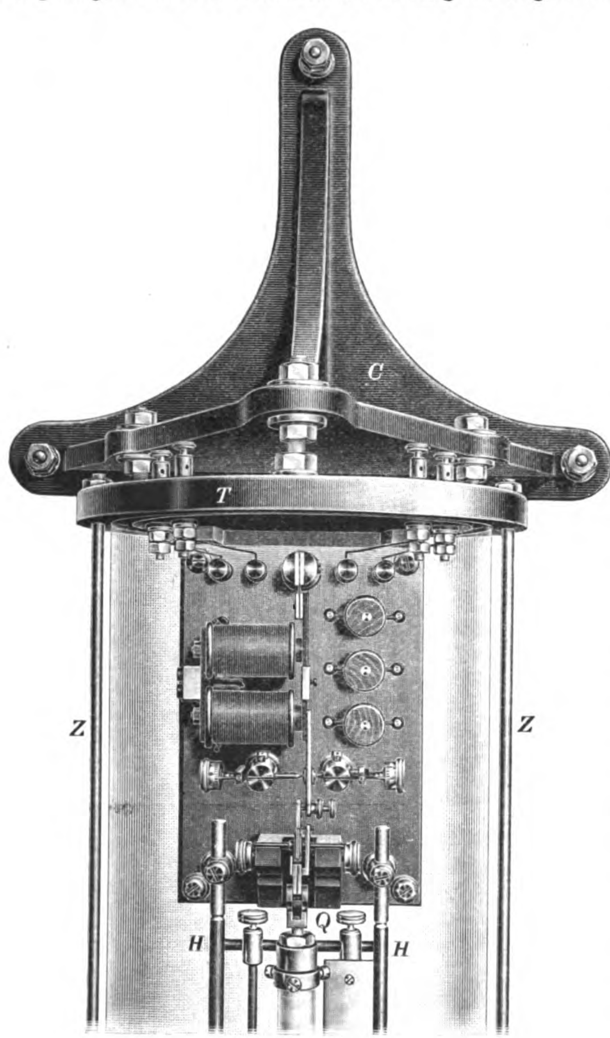


Fig. 7.

3. Die Amplitude kann sehr klein gewählt werden (1,5° gegen 2,5° bei Riefler), da der Antrieb auf einer sehr kleinen Winkelstrecke erfolgt. Die Schwingungsdauer eines Pendels ist aber um so stabiler bei Änderung des Schwingungsbogens, je kleiner dieser ist. Der Antriebsbogen beträgt bei der Rieflerschen Konstruktion $^1/_4$°, das Verhältnis zwischen Antriebs- und Ruhebogen 1:10. Bei der vorliegenden Konstruktion beträgt der Antriebsbogen nur 5 Bogenminuten, ist also 3 mal kleiner; sein Verhältnis zum Ruhebogen ist 1 : 18.

4. Der Antrieb erfolgt vollständig gleichmäßig. Denn, da die Antriebsfedern mit dem Gestell verbunden sind, nicht mit dem schwingenden System, und das Pendel nach erfolgtem Anspannen der Antriebsfedern frei weiterschwingt, nehmen die Antriebsfedern immer denselben Energiebetrag auf, gleichviel, in welcher Phasenstellung des Pendels das Spannen der Antriebsfedern bewirkt wird. Die Hubzeit des Ankers hat daher auf den Impuls keinen Einfluß. Die Antriebsenergie, welche dem Pendel zugeführt wird, ist unabhängig von der Stromstärke des Antriebsmagneten. Dies wäre jedoch nicht der Fall, wenn der Antriebserteiler mitschwingen würde.

5. Bei Temperaturänderungen ändert sich die Steifigkeit der Aufhängfedern, wodurch bei den älteren Ausführungen die Amplitude von Temperaturschwankungen beeinflußt wurde. Die Differenz zwischen Sommer- und Winter-Amplitude kann bei Präzisionsuhren mit Graham-Gang bis zu 10 Bogenminuten betragen. Bei der vorliegenden Anordnung ist die Steifigkeit der Aufhängfedern durch die gleichzeitig auftretende Steifigkeit der Antriebsfedern kompensiert.

Das Pendel selbst besteht aus einer Quarzstange von 110 *cm* Länge und 18 *mm* Durchmesser; die nähere Beschreibung desselben soll in einer besonderen Veröffentlichung erfolgen.

Durch die Wahl eines Quarzpendels — Quarz hat einen 4 mal geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als z. B. Nickelstahl — wird eine vorzügliche Kompensation erreicht und auch das Pendel gegen Temperaturschichtungen des Raumes unempfindlicher gemacht.

Fig. 7 zeigt die Ansicht des oberen Teiles der Uhr, im *Vakuum* schwingend. Danach ist der Glaszylinder durch Zugstangen Z zwischen Metalltellern T gehalten, welche ihrerseits unten wie oben an gußeisernen Konsolen C befestigt sind. Der obere Teller trägt die Platine, an deren unteren Ende die Befestigungs-Vorrichtungen HH und Q für Thermometer und Barometer angebracht sind.

Die Ausführung des Apparates wurde von A. Rapf, Uhrmacher in Wien, übernommen.

Ein neuer Quecksilberbarograph.

Von

E. Becker.

(Mitteilung aus der mechanisch-optischen Werkstätte von R. Fuess in Berlin-Steglitz.)

Zur Registrierung des Luftdruckes waren bisher Aneroid-Barographen und Quecksilber-Barographen im Gebrauch. Erstere bestehen aus einer Anzahl luftleerer Metallkapseln, deren Bewegungen durch ein geeignetes Hebelsystem vergrößert und auf einer Registriertrommel aufgezeichnet werden. Die registrierenden Quecksilberbarometer dagegen lassen sich in zwei Gruppen einteilen, insofern entweder der Luftdruck durch Wägen der Quecksilbermenge gemessen wird, oder die Bewegung der Quecksilbersäule durch Kolben bzw. Schwimmer den Schreibmechanismus betätigt. Ein hervorragender Repräsentant der ersteren Konstruktion ist der Laufgewichts-Barograph Sprung-Fuess[1]), welcher dank seiner vielen Vorzüge über die ganze Erde verbreitet ist und wohl als der beste Barograph bezeichnet werden kann.

Bei der zweiten Konstruktion von Quecksilber-Barographen wird auf die Quecksilbersäule des offenen Schenkels ein Schwimmer gesetzt, welcher in Verbindung mit einem Schreibhebel steht, der die Bewegungen des Quecksilbers auf einer Registriertrommel aufzeichnet. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß gerade diese Konstruktion erhebliche Mängel aufweisen muß insofern, als sich nach längerer Zeit an der Innenwand des offenen Schenkels Schmutzränder bilden, welche einmal die geringen Bewegungen der Quecksilbersäule stören und dann auch der leichten Bewegung des Schwimmerchens hinderlich sind. Dies dürfte der hauptsächlichste Grund sein, weshalb diese Konstruktion keine größere Verbreitung gefunden hat. Außerdem setzt auch der Hebelmechanismus den feinen Bewegungen des Schwimmers einen gewissen Widerstand entgegen, welcher

[1]) *Diese Zeitschr.* **6.** *S. 189. 1886.*

von der Quecksilbersäule überwunden werden muß, wobei natürlich die feineren Bewegungen der Quecksilbersäule für die Registrierung völlig verloren gehen.

Auch der Konstruktion des einfachen Aneroid-Barographen haften mancherlei nicht unbedenkliche Mängel an, so die elastischen Nachwirkungen der Aneroiddosen, eine Erscheinung, die bei allen Federinstrumenten auftritt und deren wechselndes Verhalten sich strenger Kontrolle entzieht. Ferner bedingt der Einfluß der Temperatur auf die Aneroidkapseln eine wesentliche Fehlerquelle. Man versucht wohl, durch Auswahl von Aneroiddosen mit bestimmtem thermischen Verhalten eine Kompensation zu er-

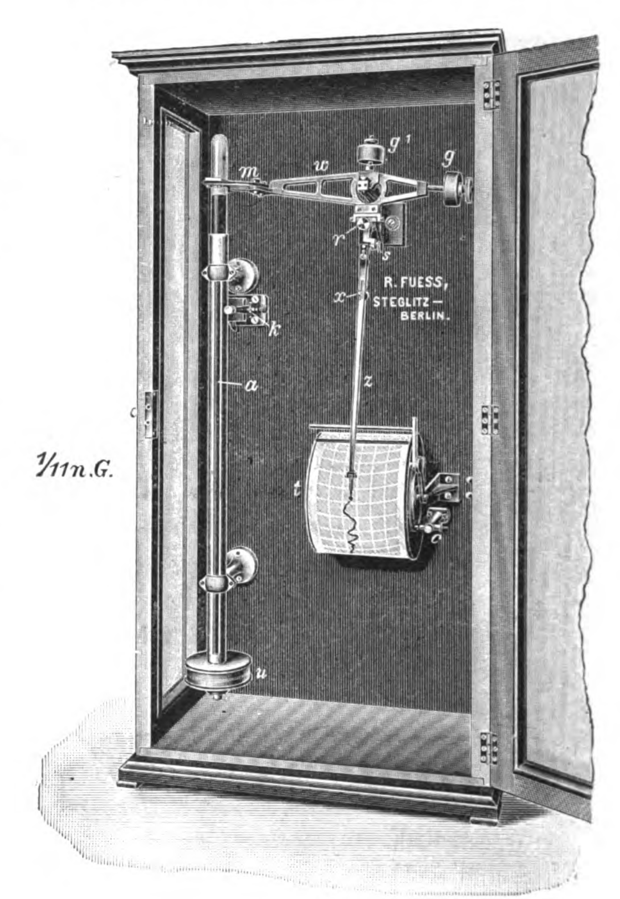


Fig. 1. Fig. 2.

reichen, aber meistens mit geringem Erfolg. Die Angaben der Aneroid-Barographen können also nicht ohne weiteres als richtig angesehen werden, sondern bedürfen einer steten Kontrolle durch ein gutes Quecksilberbarometer. Der Laufgewichts-Barograph ist von diesen Fehlern natürlich frei, jedoch steht der hohe Preis des Instrumentes einer allgemeinen Verbreitung hindernd im Wege. Dieser Grund und die genannten Nachteile und Unbequemlichkeiten der Aneroid-Barographen ließen es angezeigt erscheinen, eine neue, einfache und verhältnismäßig billige Konstruktion von registrierenden Quecksilberbarometern zu suchen. Allerdings mußten bei diesem Instrument die Fehler des eingangs erwähnten einfachen registrierenden Quecksilberbarometers vermieden werden; wie dies geschehen ist, sei nachstehend beschrieben.

In Fig. 1 ist das Konstruktionsprinzip des neuen Quecksilberbarographen schematisch dargestellt, während in Fig. 2 eine perspektivische Ansicht des Instrumentes gegeben ist. Mit *a* ist die Röhre eines Quecksilberbarometers bezeichnet, deren Konstruktion sich im allgemeinen an die bekannte Konstruktion der Stationsbarometer anlehnt. In dem geschlossenen Schenkel des Barometers ist ein Eisenkörper *s* eingesetzt, welcher auf der Oberfläche der Quecksilbersäule schwimmt. Dieser Eisenkörper bildet den Anker eines Magneten *m*, der an dem Wagebalken *w* befestigt ist. Als Gegengewicht des Magneten und der linken Wagebalkenseite dient das Stellgewicht *g*. Unterhalb der Wagebalkenschneide ist der Schreibhebel *z* angesetzt, welcher die Registriertrommel *t* bestreicht. Der Wagebalken ist natürlich sorgfältig ausbalanciert, und durch das obere Stellgewicht *g* ist eine genügend lange Schwingungsdauer des Wagebalkens bewirkt. Bei genügender Empfindlichkeit des Wagebalkens wird dieser den geringsten Vertikalbewegungen des Schwimmers mit absoluter Präzision folgen. Die

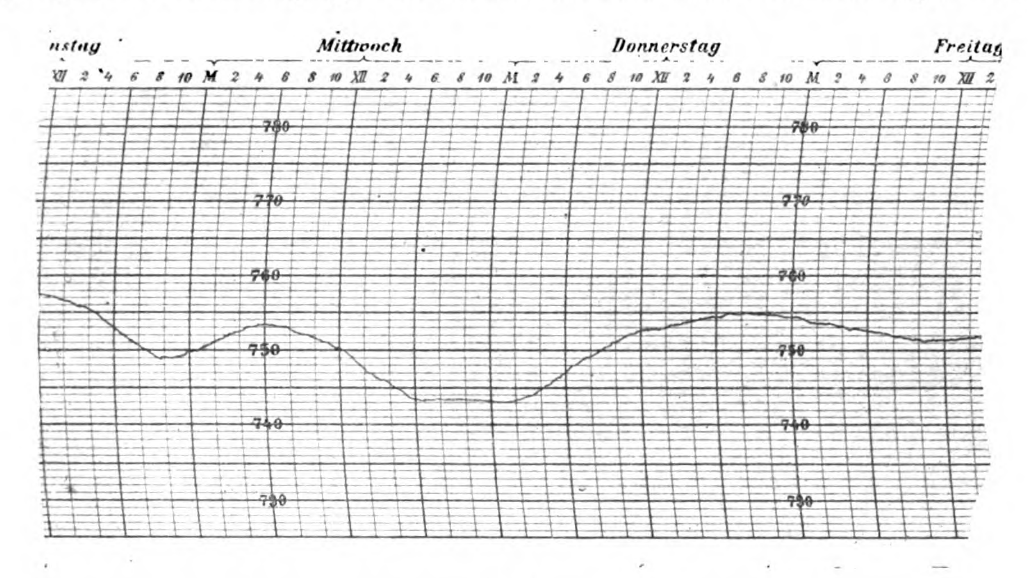


Fig. 3.

Temperaturkompensation wird durch folgende Einrichtung am Schreibarm erreicht. Am Balken ist unterhalb der Schneideachse ein Bimetallkörper *f* angesetzt, der durch einen verstellbaren Mitnehmer *x* mit dem um den Punkt *r* drehbaren Schreibhebel *z* in Verbindung steht. Bei Temperaturänderung wird der Bimetallstreifen seitlich ausgebogen, wobei er den Zeiger mitnimmt. Die Größe dieser Bewegung kann durch Verschieben des Mitnehmers *x* in gewissen Grenzen variiert werden. Man wird diese Bewegung so bemessen, daß die Schreibfeder-Spitze um den gleichen Betrag in Millimetern nach der Minusseite verschoben wird, um welchen die Quecksilbersäule durch Temperaturzunahme über 0° verlängert wird. Angestellte Versuche haben ergeben, daß eine ausreichende Korrektion des Barometerstandes, auf 0° bezogen, erreicht wird.

Um das „Anhaften“ des Quecksilbers an der Glaswand zu beseitigen, ist eine Klopfeinrichtung *K* vorgesehen, welche nach je 5 Minuten elektrisch durch einen Kontakt *C* an der Registriertrommel betätigt wird.

Die Registriertrommel dreht sich innerhalb einer Woche einmal um. Ein Orginal-Barogramm ist in Fig. 3 in halber natürl. Größe abgebildet. Die Aufzeichnungen er-

folgen im Maßstab 1 : 2, d. h. 1 *mm* Druckänderungen entsprechen 2 *mm* auf dem Diagramm.

Da die bisherigen Erfahrungen mit dem Instrument als befriedigend zu bezeichnen sind, so ist wohl anzunehmen, daß es geeignet ist, die Lücke zwischen dem Laufgewichts-Barographen Sprung-Fuess und dem Aneroid-Barographen auszufüllen.

Einfacher Komparator zum Prüfen von Endmaßen bis zu 5 *m* Länge.

Von

Wilhelm Breithaupt in Kassel.

Auf einer eisernen Schiene, deren Oberkante abgehobelt ist, wird an dem einen Ende ein gehärteter Keil *K* (Fig. 1) mit zur Schiene *E* genau senkrechter Keilkante aufgeschraubt, auf dem andern Ende eine feine Meßschraube *S* (Fig. 2) von 0,5 *mm* Ganghöhe mit Trommel *T*, eingeteilt in 100 Teile, so daß jeder Teil 0,005 *mm* entspricht. Das kugelförmige Ende der Meßschraube ist ebenfalls gehärtet.

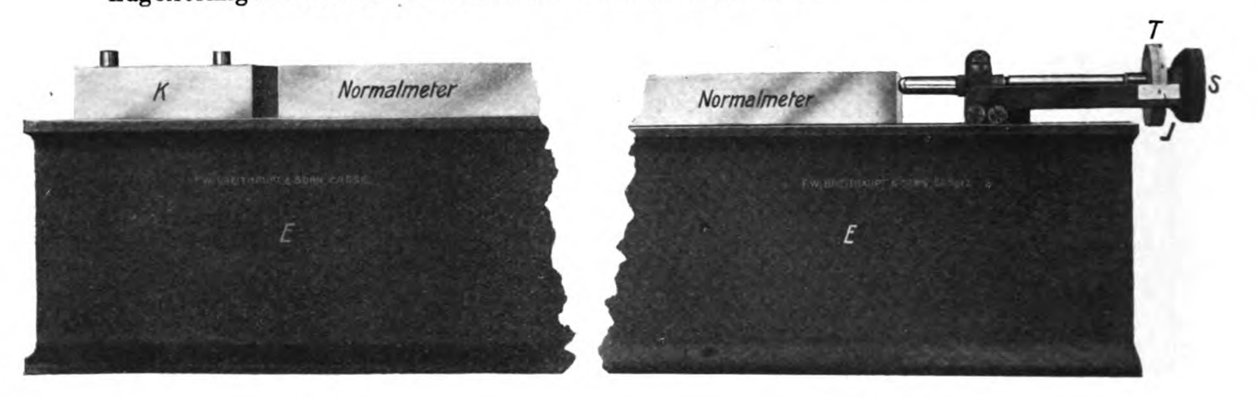


Fig. 1. Fig. 2.

Will man ein Endmaß prüfen, so legt man den Normalstab mit dem zu prüfenden Stab einige Stunden auf die Schiene, damit beide Stäbe gleiche Temperatur erhalten, führt dann den Normalstab vor die Keilschneide und dreht an dem Knopf der Meßschraube *S* langsam, bis die Kugel den Stab berührt; am einfachsten zeigt sich die Berührung durch einen schmalen Streifen Seidenpapier, der, zwischen Stab und Kugel gelegt, bei der Berührung sofort eine Bewegung macht.

Auch kann man folgendes bekannte Verfahren anwenden:

Man schaltet zwischen Stab und Kuppe zwei planparallele Glasplatten ein und beobachtet bei homogenem Licht die Verschiebung der zwischen jenen Platten entstehenden Interferenzstreifen. Sowie die geringste Berührung der Kuppe mit der Glasplatte entsteht, bemerkt man mit der Handlupe eine Veränderung der Luftschicht zwischen den Platten: die gelbschwarzen Streifen beginnen sich zu verschieben; dieser Moment wird an der Trommel abgelesen. — Diese Methode ist genauer als alle anderen existierenden.

Nun entfernt man das Normal und schiebt den zu prüfenden Stab an seine Stelle, bringt die Schraube zur Berührung und liest an der Trommel ab.

Bei Untersuchung von 5 *m* langen Meßlatten genügt eine Meßschraube von 1 *mm* Ganghöhe mit Einteilung der Trommel in 10 Teile. Eine solche Meßschraube ist im

Dezember 1912 von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg geprüft und der Fehler auf 0,01 bis 0,02 *mm* bestimmt worden. An dem Index *I* werden die Umdrehungen abgelesen; es ist vorgesehen, daß der Index verschoben werden kann, wie sich auch die Trommel auf der Schraube verdrehen läßt, wenn man der Bequemlichkeit halber die Nullstellung der Trommel und Index herbeiführen will.

Wir benutzen diesen Apparat schon seit Jahren zur Prüfung der Längen der Kontrollnormal-Doppelmeter von Stahl und haben denselben verschiedenen Behörden im Ausland geliefert, die sich der Transportkosten halber die Schiene selber beschafft haben, während wir ihnen nur Keil und Meßschraube mit den nötigen Schrauben und Bohrern zum Aufschrauben geliefert haben.

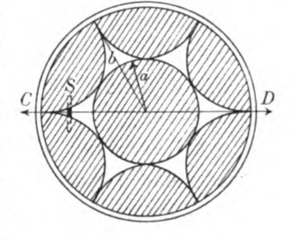
Referate.

Spaltbreiten-Korrektion bei Spektrophotometern und eine neue Form der veränderlichen Sektorenscheibe.

Von Edward P. Hyde. *Astrophys. Journ.* **35.** *S. 237. 1912.*

Der Verf. benutzt zur Vergleichung der Lichtstärke zweier Lichtquellen in den verschiedenen Spektralbezirken ein Spektrophotometer nach Lummer und Brodhun, welches also zwei getrennte Kollimatoren, jeder mit einem Eintrittsspalt, besitzt, und bei welchem nach der Maxwellschen Methode durch einen engen Okularspalt die Hypotenusenfläche des Lummer-Brodhunschen Würfels beobachtet wird.

Diese Methode hat wegen der verschiedenen Weiten der Eintrittsspalte dieselben Übelstände wie die Vierordtsche Doppelspaltmethode, welche bereits früher von verschiedenen Autoren hervorgehoben und unter Angabe der notwendigen Korrektionen eingehend behandelt worden sind. Der Verf. bringt noch ein neues Moment in seine mathematischen Entwicklungen, indem er die spektrale Empfindlichkeitskurve des Auges mitberücksichtigt. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:



1. Wegen der Unreinheit des Spektrums, welche herrührt von der endlichen Breite des Eintritts- und des Okularspaltes, ist es erforderlich, an der relativen Helligkeitskurve zweier Spektren, welche durch das Spektrophotometer verglichen werden, Korrektionen anzubringen, um zu der wahren relativen Helligkeitskurve zu gelangen.

2. Diese Spaltbreiten-Korrektion ist am zutreffendsten zu machen, wenn bei der Messung die Substitutionsmethode angewendet wird und das Vergleichsspektrum konstant bleibt.

3. Die Korrektion ist um so kleiner, je kleiner die Breite des Eintritts- und des Okularspaltes ist, und sie ist am kleinsten, wenn beide Spalte gleich breit sind.

4. Auf das Spektrum des schwarzen Körpers angewandt, ermöglichen die berechneten Korrektionen ein genaues Ergebnis, wenn der Temperaturunterschied der beiden Lichtquellen nur wenige hundert Grade ist. Die Breite der Spalte ist dabei am besten 0,4 *mm*.

5. Bei der Bestimmung der Temperatur eines schwarzen Körpers von ungefähr 2500° durch spektrophotometrische Vergleichung mit einem solchen von 1500° kann ein Irrtum von 80° entstehen, wenn die Spaltbreiten 0,8 *mm* sind und die Vergleichung bei den Wellenlängen von 0,5 μ und 0,66 μ gemacht werden.

Um das photometrische Gleichgewicht herzustellen zwischen den beiden miteinander zu vergleichenden Lichtquellen, benutzte der Verf. eine rotierende Sektorenscheibe. Er verlangt von dieser eine genaue Einstellung über einen weiten Meßbereich. Bei den gewöhnlichen Sektorenscheiben mit radialen Sektoren ist aber naturgemäß die Genauigkeit um so geringer, je kleiner die wirksame Öffnung ist. Verf. gibt zu, daß sich dann nicht viel ändern

läßt, wenn es sich um Schwächung von Lichtbündeln mit erheblichem Durchmesser handelt. Seine besondere Konstruktion der Sektorenscheibe ist deshalb nur brauchbar für ganz schmale Lichtbündel, wie sie gerade in den Spalt des Spektrophotometers eintreten, sowie möglicherweise in der Astrophotometrie. Die in der beistehenden Abbildung der Sektorenscheibe des Verf. nicht schraffierten Teile sind ausgeschnitten. Bei dem Radius *a* ist die Summe der Öffnungen 324°, beim Radius *b* dagegen gleich Null. Die die Öffnungen seitlich begrenzenden Kreisbögen sind so gewählt, daß die Veränderung der Helligkeit beim Rotieren der Scheibe von *a* zu *b* möglichst gleichmäßig verläuft. Die Scheibe kann vor dem Spalt *S* in der Richtung *CD* durch eine Schraube meßbar bewegt werden. Der Zusammenhang der Helligkeit und der Stellung der Schraube wird empirisch ermittelt. Die Sektorenscheibe muß, um Fehler zu vermeiden, dem Spalt möglichst nahestehen; bei den Versuchen des Verf. war der Abstand zwischen beiden 3—4 *mm*.

Es mag hier erinnert werden an die von H. F. Talbot (*Phil. Mag.* (*3.*) *5. S. 321. 1834*) angegebene, demselben Zwecke dienende rotierende Scheibe, bei welcher der Ausschnitt begrenzt wird durch einen Radius und eine exakte mathematische Kurve, nämlich eine archimedische Spirale. Hierbei ergibt sich das einfache Verhältnis, daß die Helligkeit proportional dem Abstande vom Scheibenrand ist. *H. Krüſs.*

Über die Helligkeit des Himmels in der Nähe der Sonne.

Von Heinrich Diercks. *Dissertation Kiel 1912.*

Zur Vornahme seiner Versuche benutzt Verf. ein Webersches Milchglasplatten-Photometer, dessen Beobachtungsrohr er durch ein 75 *cm* langes Aluminiumrohr verlängerte. An dessen Ende befestigte er einen monokularen Feldstecher, welcher als Teleobjektiv wirkte. Bei einer Brennweite von 163 *cm* entwarf es ein Sonnenbild von 15 *mm* Durchmesser auf einer in das Photometer gesteckten mattierten Glasscheibe. Richtet man das Photometer auf die Sonne, so wandert das Bild der Sonne und ihrer Nachbarschaft über die Platte. Aus der beobachteten Zeit läßt sich alsdann der Abstand eines durch eine vorgelegte kleine Blende herausgeschnittenen Himmelsstückes vom Rande der Sonne berechnen. Als Kontrolle für den zentralen Durchgang des Sonnenbildes durch die genannte Blende wurde der Umstand benutzt, daß die Zeit vom Eintritt bis zum Austritt des Sonnenrandes aus der Blende entsprechend dem scheinbaren Durchmesser der Sonne wenige Sekunden mehr als 2 Minuten sein muß.

Als Vergleichshelligkeit diente anstatt der sonst üblichen Benzinlampe eine schräg gestellte weiße Papiertafel, welche durch den Schornstein ihr Licht vom Zenit aus erhielt. Durch Vorversuche war ermittelt, daß auch hier das quadratische Gesetz der Abnahme der Lichtstärke innerhalb der Fehlergrenzen gültig ist. Die Ausschaltung der bei schwacher Luftbewegung leicht flackernden Benzinkerze hatte noch den weiteren Vorteil, daß keine Farbenunterschiede im Photometerfelde vorhanden waren, und daß es deshalb nicht erforderlich war, in Rot und Grün zu photometrieren und daraus erst den Wert für Weiß zu ermitteln. *H. Krüſs.*

Ein neuer photographischer Sonnenschein-Autograph.

Von L. Weickmann. *Beob. der meteor. Stat. im Kgr. Bayern.* **34.** *1912.*

Der von Gebr. Stärzl in München nach Angaben der Herren L. Weickmann und M. Sperer hergestellte Apparat (Preis 40—50 M) registriert die Sonnenscheindauer ohne Uhrwerk auf Zelloidinpapier. Die viel zu große Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Sonnenhöhe, die andere derartige Sonnenscheinautographen (Campbell-Stokes, Jordan) zeigen, wird hier dadurch vermindert, daß der Halbzylinder, an dessen Wand das Zelloidinpapier und in dessen Achse das Lichtloch liegt, 3 mal am Tage um die zur Erdachse parallele Zylinderachse gedreht wird, und daß das für jeden der 3 Zeitabschnitte benutzte Lichtloch in besonderer Richtung schräg durch die ebene Wand gebohrt ist. Die 3 Zylinderstellungen und die 3 Bohrlochrichtungen sind so gewählt, daß für die Zeit vor 7 Uhr vorm. das Licht-

bündel am breitesten um 3 Uhr vorm. ist und in die den Halbzylinder halbierende Durchmesserebene um 7 Uhr vorm. fällt; für die Zeit zwischen 7 Uhr vorm. und 2 Uhr nachm. sind die entsprechenden Zeiten 7 Uhr vorm. bzw. 11 Uhr vorm., für die nach 2 Uhr nachm. 9 Uhr nachm. bzw. 5 Uhr nachm. Die Dicke der Lochplatte ist 0,7 *mm*, die Bohrerstärke 1,4 *mm*. Die richtige Zylindereinstellung, die zu den meteorologischen Beobachtungszeiten 7 Uhr vorm., 2 Uhr nachm., 9 Uhr nachm. vorzunehmen ist, wird durch eine Sperrvorrichtung gesichert; zugleich stellt während der Drehung eine Kegelradübertragung jedesmal das neue Lichtloch ein, das zugleich um 2 *mm* in der Achsenrichtung verschoben liegt, so daß die 3 Lichtspuren eines Tages auf denselben Papierstreifen nebeneinander zu liegen kommen. Für nördliche und südliche Sonnendeklination sind zwei verschiedene Lichtloch-Tripel vorgesehen, die sich nahe dem südlichen bzw. nördlichen Achsenende einstellen lassen, wodurch die Zylinderhöhe kleiner bleiben kann.

Das Papier (Hausmarke Zelloidin von Schiffmacher, München) wird nach Sonnenuntergang dem Zylinder entnommen und kommt in einen Kopierrahmen, der auch die Zeitmarken einkopiert. Man könnte somit durch passendes Verschieben des Streifens gegen die Glastafel des Rahmens die Stundenmarken auch nach M. O. Z. oder M. E. Z. einzeichnen lassen.

Faksimilierte Registrierstreifen zeigen an einem durchweg sonnigen Tag (28. 10. 12) eine recht gute Gleichmäßigkeit der Lichtspur, und am 7. 10. 12, wo der Campbell-Stokessche Apparat von der leicht verschleierten Sonne keinerlei Spur aufnahm, eine etwa durch 5 Stunden laufende Lichtspur. Am 28. 10. 12 war am Weickmannschen Apparat um 4^{34} Uhr nachm. bei 3,5° Sonnenhöhe die Spur noch erkennbar, während die am Campbell-Stokes-Apparat schon um 4^{18} Uhr nachm. erlosch. Eine Stunde ist auf dem Streifen 20 *mm* lang, das momentane Sonnenbild eine schrägliegende Ellipse. Abblendungsversuche zeigten, daß eine 2 Minuten lange Abblendung noch eben die etwa 1,2 *mm* breite Lichtspur in ihrer ganzen Breite zu trennen vermag. $1\frac{1}{2}$ Minuten Pause bringen dagegen nur an den Lichtspurrändern schwache Einbuchtungen hervor. Bei Himmel mit Wolken wird man danach bis auf Doppelminuten genau die einzelnen Sonnenscheindauern mit diesem Apparat nicht sicher bestimmen können. Wird solche oder noch größere Genauigkeit gefordert, so wird man nur mit einer durch Uhrwerkhilfe verlängerten Lichtspur (vgl. *diese Zeitschr.* **32.** *S. 59. 1912*) zum Ziele kommen können. Da aber Sanatorien, kleinere meteorologische Stationen usw. teure Apparate für Sonnenscheinregistrierung nicht beschaffen können, bedeutet die Weickmannsche Konstruktion zweifellos einen Fortschritt gegen den Campbell-Stokesschen Apparat, der außerdem in Anschaffung und Betrieb etwa doppelt so teuer ist. *Dr. H. Maurer.*

Photographische Registrierung funkentelegraphischer Zeitsignale.

Von A. Turpain. *Compt. rend.* **156.** *S. 454. 1913.*

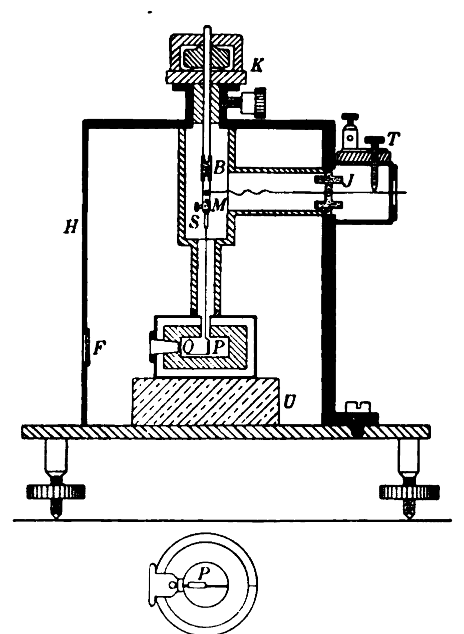
In Poitiers, 300 *km* vom Eiffelturm entfernt, konnte Verf. die Zeitsignàle mit einem Mikroamperemeter photographisch aufnehmen, das in gewöhnlicher Hör-Empfängerschaltung in Serie zum Telephon geschaltet war. Auch die Koinzidenzsignale konnten auf einem Kinematographenfilm mit 10 *cm* Sekundengeschwindigkeit aufgenommen werden; dabei ließ Verf. den Galvanometerspiegel durch den Sekundenkontakt seiner Beobachtungsuhr in der den Eiffelturm-Signalen entgegengesetzten Richtung ablenken, und erhielt so statt des „akustischen Verniers“ graphische Koinzidenzen. *Wanach.*

Über ein hochempfindliches Elektrometer und den hiermit ermöglichten direkten Nachweis der Ionisation des einzelnen α-Teilchens.

Von G. Hoffmann. *Physikal. Zeitschr.* **13.** *S. 480. 1912.*

Das Elektrometer beruht auf einer Kombination des Prinzips des Hankelschen Elektrometers mit dem des Quadrant-Elektrometers. Ein winklig gebogenes Stück Platinfolie P (vgl. die Fig.) von $^1/_{100}$ *mm* Dicke und 12 *mm* Länge, das an einem 3 μ starken Wollastondraht angelötet ist, kann sich in einer flachen Dose aus Aluminiumblech (s. den

Horizontalschnitt in der Fig.) drehen. Die Dose besteht aus zwei nur durch einen schmalen Schlitz getrennten Hälften und ist in eine entsprechende Dose aus stärkerem Aluminiumblech eingekittet, deren Ränder eben geschliffen und durch Schrauben aufeinandergepreßt sind; dadurch wird ein guter Temperaturschutz erzielt. Das Ganze ist auf den Granitklotz *U* gesetzt. Der Platindraht von etwa 5 *cm* Länge ist an einem Messingstift angelötet, welcher durch die Schraube *S* in dem Messingstück *M* gehalten wird; letzteres ist durch das Bernsteinstück *B* isoliert. Der Kopf *K* erlaubt die genaue Höheneinstellung. Die Ablesung der Drehung erfolgt mit Hilfe eines kleinen, an dem vertikalen Teil von *P* befestigten platinierten Glasstückchens (Folie + Spiegel wiegen 1,5 *mg*) durch die mit Glas verschlossene Öffnung *O* und das Fenster *F* im Gehäuse *H*, dessen Fugen mit Wachs (bei dem neuen Modell mit Gummi) abgedichtet sind, um plötzliche Luftdruckschwankungen unschädlich zu machen. Die Zuleitung zum schwingenden System erfolgt durch den seitlichen Draht, der durch das Bernsteinstück *J* isoliert ist, und den Stift *T* (bei dem neuen Modell geht der Draht ohne Knickung durch den Kopf *K*). Die Konstanthaltung der Feuchtigkeit und damit der Kontaktpotentiale erfolgt durch ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure.



An die Hälften der Aluminiumdose werden kleine Hilfspotentiale gelegt, die durch Abzweigen von Rheostaten erhalten werden; je größer jene, um so größer auch die Empfindlichkeit. Diese variiert zeitlich etwas und ist während der Beobachtungen zu kontrollieren, was 20 bis 30 *sec.* in Anspruch nimmt. Nach Transport des Instrumentes und Wiedereinstellen mit Hilfe einer Libelle erhält man angenähert dieselben Werte.

Die Konstanz des Nullpunktes ist (bei Konstanz der Temperatur auf einige $^1/_{10}{}^0$) gut; die Schwankung beträgt etwa 1 Skt. pro $^1/_4$ h. Die Empfindlichkeit ist etwa die des Dolezalek-Instrumentes: 1 *Volt* = 3000 *mm* (bei einer Einstellungszeit von 10—15 *sec.*). Da aber die Kapazität nur 4,8 *cm* beträgt, ist die Ladungsempfindlichkeit sehr groß: 1 *mm* = 1,6 *Millivolt · cm*, also ca. 20 mal größer als beim Dolezalek- und ca. 40 mal größer als beim Elster und Geitelschen Einfaden-Elektrometer.

Mit dem Elektrometer läßt sich sehr gut die durch ein einzelnes α-Teilchen erzeugte Ionisation nachweisen. Vorläufige Versuche ergaben für die Größe der Ionenerzeugung Resultate, die mit den bisher bekannten übereinstimmen. Bei größerem Luftvolumen machen sich auch stoßweise Schwankungen der natürlichen Ionisation bemerkbar. *Berndt.*

Bücherbesprechungen.

A. St. Percival, *Geometrical Optics.* 8°. VI, 132 S. m. 59 Textfig. London, Longmans, Green, and Co. 1913.

Die vorliegende Schrift will angehende Ophthalmologen in das Gebiet der geometrischen Optik einführen. Die Besprechung an dieser Stelle wird durch eine sehr elegante, von Herrn Sampson stammende Konstruktion gerechtfertigt, die auf einem in Deutschland ganz und gar nicht üblichen Wege erhalten wird; sie soll am Schluß des Referats mitgeteilt werden.

Was den Inhalt des Buches angeht, so handelt es sich im I. Kapitel um die einfachsten Gesetze der Helligkeit und der Schattenbildung, im II. um die Spiegelung an Planflächen, im III. um die Spiegelung an Kugelflächen — hauptsächlich im Gaußischen Raum — doch werden kaustische Kurven und der Astigmatismus schiefer Büschel wenigstens erwähnt. Das IV. Kapitel bringt die Brechung an Planflächen und eine Theorie der Prismenwirkung; das V. Kapitel entwickelt die Brechung an Kugelflächen im Gaußischen Raum und bei endlichen Inzidenzwinkeln, wobei auch die astigmatischen Formeln für die Schnittweiten enger Büschel längs schiefen Hauptstrahlen mitgeteilt werden. Das VI. Kapitel behandelt die Linsen im Gaußischen Raum auch mit Hilfe geometrischer Konstruktionen und bringt einzelne Sonderfälle, wie die Coddingtonsche Lupe, das Huygensische Okular, das holländische Fernrohr und das optische System des Menschenauges, immer im paraxialen Raum und ohne Betonung der Blendenfunktion im Abbeschen Sinne. Im Anhang finden sich die Beweise einiger Sätze von etwas größerer Schwierigkeit; so werden die Schnittweiten schiefer Büschel bei Spiegelung und Brechung und der Durchmesser des Zerstreuungskreises der sphärischen Aberration abgeleitet. Jedes einzelne Kapitel wird durch einige Aufgaben abgeschlossen, bei denen die Zahlenwerte teils in englischem, teils schon in metrischem Maß angegeben sind; ihre Lösungen sind am Schluß des Textes zusammengetragen.

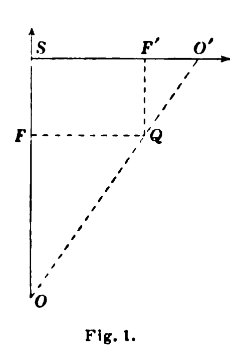


Fig. 1.

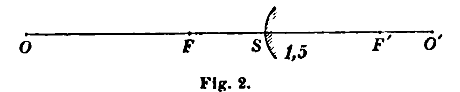


Fig. 2.

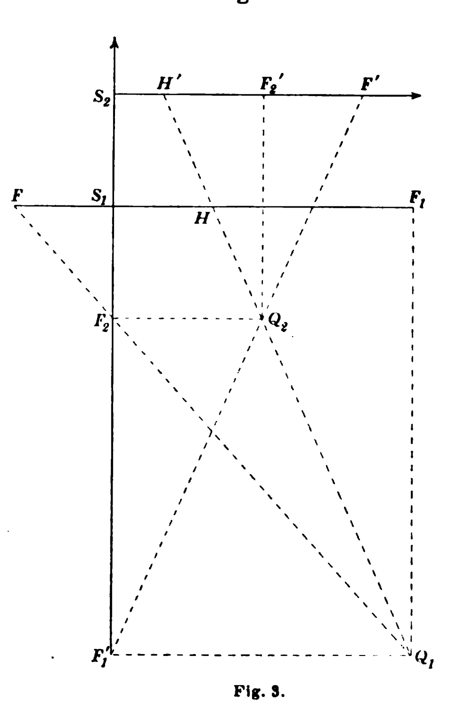


Fig. 3.

Für die Sampsonsche Konstruktion sei zunächst an ein graphisches Verfahren zur Auffindung konjugierter Hauptpunktabstände erinnert, das mit unwesentlichen Abweichungen seit längerer Zeit in England in Benutzung ist. Trägt man auf den beiden Schenkeln eines rechten Winkels (Fig. 1), von denen beispielsweise der vertikale für den Objekt-, der horizontale für den Bildraum beansprucht werde, die Brennpunktabstände $SF = f$ und $SF' = f'$, wie sie für die Achse einer Kugelfläche S gelten, auf und vervollständigt das Rechteck

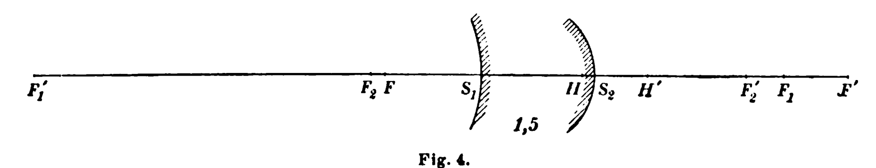


Fig. 4.

$FSF'Q$, so schneidet eine beliebige Grade durch Q auf den Schenkeln des rechten Winkels zwei konjugierte Punkte O und O' aus. Nennt man ihre Abstände von S ξ und ξ', so genügen sie, wie man sich leicht überzeugt, der Gleichung

$$\frac{f'}{\xi'} + \frac{f}{\xi} - 1 = 0 .$$

In der Figur 2 ist die Lage der Objekt- und Bildpunkte auf der Flächenachse kenntlich gemacht, wie sie sich aus der Figur 1 entnehmen läßt.

Da unter Beibehaltung der gewöhnlichen Vorzeichenregeln die beiden Brennweiten stets entgegengesetzte Vorzeichen haben, so charakterisiert ein Rechter $O\widehat{S}O'$ (mit der Öffnung nach Südosten wie in der Figur 1) eine sammelnde Fläche, während eine zerstreuende Fläche durch einen nach Nordwesten offenen Rechten dargestellt werden müßte, sobald immer die objektseitigen Abstände auf der Vertikalen aufgetragen werden. Bei der Zusammensetzung beispielsweise einer zerstreuenden Fläche S_1 und einer sammelnden S_2 zu einem sammelnden Meniskus von endlicher Dicke $S_1\ S_2$ wählt man verständlicherweise dieselbe Richtung (hier die der Vertikalen) als Bildrichtung der ersten und als Objektrichtung der zweiten Abbildung, und man erhält bei einem Meniskus mit $r_1 = 40$ mm; $r_2 = 20$ mm; $d = 30$ mm; $n = 1{,}5$, für die erste zerstreuende Fläche das Rechteck $S_1\,F_1\,Q_1\,F_1'$, für die zweite sammelnde Fläche das Rechteck $S_2 F_2' Q_2 F_2$. Dann werden die Brennpunkte des Meniskus FF' durch $Q_1\,F_2$ und $Q_2\,F_1'$ ausgeschnitten, während die Verlängerung der Geraden $Q_1\,Q_2$ die Hauptpunkte HH' des zusammengesetzten Systems definiert. Die Figur 4 läßt die Lage der verschiedenen Punkte auf der Achse des Meniskus erkennen. *M. v. Rohr.*

Neue Preisliste von Gustav Heyde in Dresden.

Preisliste I: Astronomische Instrumente. (Ausgabe vom Dezember 1912.)

Die vorliegende Preisliste mit guten kurzen Instrumentenbeschreibungen und zahlreichen Abbildungen, 5 Bogen Lex. 8° stark, bietet in sehr reicher Auswahl Universale mit Kreisen von 40 *cm* (0,5″-Lesung der Schraubenmikroskope) bis 14 *cm* (5″), Fernrohr zentrisch gebrochen oder gerade exzentrisch; das kleine Reise-Universal (8 *cm*-Kreise) mit der Heydeschen Mikrometereinrichtung; Höhenkreise (Ablesung des kleinern Horizontalkreises durch Nonien); zwei Formen des Zenitteleskops mit 2″-Achsenlibelle und 1″-*Horrebow*-Libelle) kosten 6800 und 4700 M. Es folgt eine große Zahl von Durchgangsinstrumenten, besonders transportable; mit gebrochenem Fernrohr werden sie in 6 Größen ausgeführt, vom Fernrohr mit 110 *mm* Öffnung, 120 *cm* Brennweite und 82 *cm* Lagerweite (mit 1″-Hängelibelle) an, im Preis von rund 5000 M. bis zu 1500 M., ebenso ist eine reiche Abstufung kleinerer billiger Sorten mit geradem Fernrohr bis zum Preis 200 M. herab vorhanden. Meridiankreise, fest aufgestellt und transportabel, schließen sich an, ferner Kollimatoren, Uhren, künstliche Horizonte. Größere und mittlere Refraktoren bilden eine Spezialität der Heydeschen Werkstatt. Das Verzeichnis führt größere parallaktisch fest aufgestellte Fernrohre in großer Auswahl auf, von 1700 bis gegen 30 000 M. im Preis, transportable parallaktisch montierte Fernrohre sind von 900 bis 1600 M. vorhanden, je ohne die Vervollständigungen. Azimutal aufzustellende Fernrohre sind zu Preisen von 300 M. an zu haben, ebenso Fernrohre ohne Stative, Sucherfernrohre und Kometensucher, dann Spiegelteleskope in deutscher und Ritcheyscher Aufstellung. Das astro-photographische Äquatoreal, das Heyde zuerst für Prof. Ceraski in Moskau konstruiert hat, ist abgebildet und beschrieben. Die Uhrwerke der äquatorial aufgestellten Instrumente sind verbessert. An Mikrometern werden Ring-, Faden- und verschiedene andere „Okularmikrometer“ vorgeführt; dann folgen Kameras, Spektroskope, Ergänzungen zu den Fernrohren. Sternwartekuppeln führt Heyde bis zu 10 *m* Durchmesser aus; einfache astronomische Uhren fertigt er neuerdings selbst an (Preis 200 oder 300 M., je nachdem Holzstabpendel oder Nickelstahlpendel angewendet wird), Chronographen in den zwei üblichen Formen. Im zweiten Teil, Optik, finden sich astronomische Fernrohrobjektive von 14 *mm* Öffnung und 8 bis 12 *cm* Brennweite (Preis 5 M.) bis 375 *mm* Öffnung, Brennweite 530–680 *cm* (Preis 11 500 M.), ferner parabolische Spiegel, dann von Okularen Mittenzweysche und Ramsden-Okulare, achromatische, monozentrische und aplanatische Mikrometer-Okulare, Gaußsche Okulare, terrestrische Okulare. Die optische Werkstatt des Heydeschen Instituts ist neuerdings wieder vergrößert worden, ebenso die Libellenschleiferei; über die Kreisteilmaschinen ist vor nicht langer Zeit mehrfach hier berichtet worden. *Hammer.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. F. R. **Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. **Krüss**, Prof. Dr. R. **Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. F. **Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **August 1913.** Achtes Heft.

Der große Komparator der Kaiserlichen Normal-Eichungskommission.

Von

Dr. **W. Kösters** in Charlottenburg.

Für Längenmessungen feinster Art und speziell für Metervergleichungen diente in der Normal-Eichungskommission bisher ein älterer Komparator. Dieser ist zwar in einzelnen Teilen hervorragend, genügte jedoch hinsichtlich seines Systems (bewegliche Mikroskope) und seiner Temperierungseinrichtungen schon lange nicht mehr. Es war daher der Bau eines neuen Komparators von ganz anderem System nicht zu umgehen.

Der neue, von I. Wanschaff begonnene und von H. Heele fertiggestellte[1]) Komparator unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von dem alten, daß die Mikroskope fest und die Stäbe beweglich sind. Es fallen damit alle jene Störungen weg, welche durch Veränderung der Lage der Mikroskope gegeneinander infolge Verbiegung ihres Trägers bei dem Übergang von einem Stabe zum anderen hervorgerufen werden. Der zweite wesentliche Unterschied beruht in der verschiedenen Art der Temperierung. Bei dem Komparator älterer Bauart erfolgte die Temperierung durch Heizen des im übrigen hinsichtlich der Temperatur „leicht beweglichen" Raumes, während die Tröge durch ihre Trägheit nur zum Schutze gegen schnelle Schwankungen dienten. Beim neuen Komparator (wenigstens dem für 1 *m*-Vergleichung) ist die Heizung in die Tröge verlegt, dagegen der Raum für die Beobachtungen ausgesprochen „temperaturträge" und zur Erzielung von Konstanz teilweise in die Erde eingebaut. Mit der Beschreibung dieses Raumes wollen wir beginnen.

Der Beobachtungsraum.

Der Raum (der Komparatorsaal) liegt zum Schutze gegen die Einwirkungen des Wetters (Schwankungen der Außentemperatur, Wind) inmitten des Dienstgebäudes der Normal-Eichungskommission. Er ist der weiteren Wärmeisolation halber von zwei starken Mauersystemen umgeben, die wie zwei Glocken übereinander stehen. Die Zeichnung Fig. 1 gibt im Aufriß eine getreue Darstellung des Saales. Seine Sohle liegt etwa $2^1/_2$ *m* unter dem Erdboden. Der Beobachter befindet sich auf einem siebartig durchlöcherten eisernen Fußboden, der 85 *cm* unter dem Erdboden von

[1]) Von seiten der Normal-Eichungskommission war eine Reihe Bearbeiter beteiligt, die einzeln aufzuzählen zu weit führen würde. Als Verf. als letzter den Bau des neuen Komparators bearbeitete, war das System der Vertauschung mit Schienen und Drehscheibe, die Wagenkonstruktion, die Pfeiler, die Auflagerung der Mikroskope und die Mikrometer bereits gegeben. An der Konstruktion der noch übrigen Teile ist auch der verstorbene Mechaniker C. Reichel beteiligt.

einem besonderen Eisengerüst getragen wird. Der Saal hat keine Fenster und ist durch zwei gegenüberliegende Doppeltüren abgeschlossen.

Diese Isolation gegen Wärme und die gute Verbindung mit dem Erdboden bringen eine ausgezeichnete Gleichmäßigkeit der Temperatur im Raume hervor. Die Tagesschwankungen der Außentemperatur liegen im Innern an der Grenze der Beobachtung. Die Jahresschwankungen bewegen sich zwischen 5° und 17° C. Bei der Langsamkeit der Temperaturbewegung ist eine merkliche Differenz zwischen Thermometer und Instrument nicht zu befürchten.

Um jedoch auch den Raum auf beliebige höhere Temperatur bringen zu können, ist noch eine Heizung angebracht. Diese besteht in vier gewöhnlichen Gasöfen an

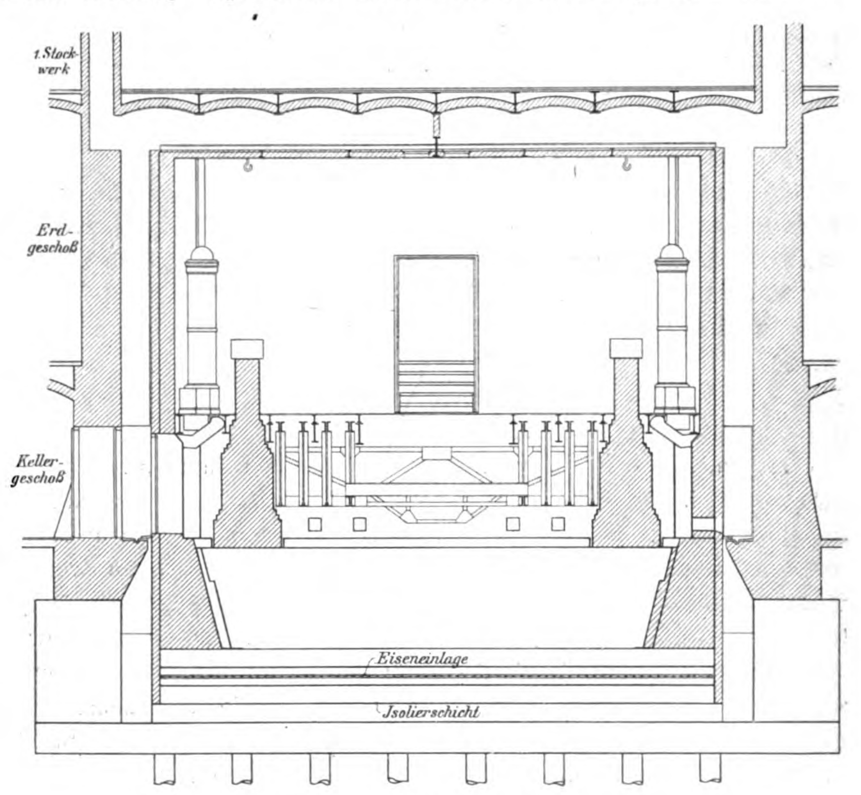


Fig. 1. Komparatorsaal (Aufriß).

symmetrisch gelegenen Stellen des Raumes unter dem Eisengerüst. Sie sind mit großen schrägen Blechplatten überdacht, welche die aufsteigende warme Luft in breitem Strome gegen die Wand leiten. Hier steigt sie hoch, noch verteilt durch das Eisengerüst, und senkt sich in langsamer Zirkulation durch die Mitte nach unten. Hierdurch wird erreicht, daß selbst bei den höchsten Temperaturen zwischen unten und oben nur 0,2° bis 0,3° Unterschied vorhanden sind.

Die Regulierung des Gasstroms und dadurch der Heiztätigkeit geschieht durch Druckregler und Regulierhahn, dessen Durchlaß nach dem erfahrungsgemäßen Wärmeverlust des Saales eingestellt wird, nachdem mit voller Kraft bis zu der gewünschten Temperatur geheizt ist. Auf besondere Thermostaten ist wegen der Verschiedenheit der Wärmeträgheit zwischen Raum und Apparat und der dadurch bedingten wellenförmigen Schwankungen, wegen des Zeitverlustes beim Anheizen und wegen der Unzuverlässigkeit dieser Apparate verzichtet worden.

Als Anhalt für die hohe Kapazität und Isolation möge die Angabe dienen, daß der Raum nach einer ordentlichen Erwärmung bei außerordentlich gleichmäßiger Abkühlung etwa in einer Woche innerhalb eines Grades seine Anfangstemperatur erreicht. Die Abkühlung kann durch einen Ventilator nötigenfalls etwas beschleunigt werden.

Zu erwähnen wären hier noch die Einrichtungen der Feuchtigkeitsisolation und der Erschütterungsfreiheit. Der Raum selbst steht auf sumpfigem Grunde, welcher erst durch Einrammen von Pfählen befestigt werden mußte. Die Elastizität dieses Grundes wurde sodann durch eine starke Sandschüttung gedämpft. Auf dieser Sandschicht ruht ein riesiger Betonklotz in Form einer Wanne, auf deren Rändern die inneren Umfassungsmauern stehen. Die Wanne ist nach allen Seiten von Feuchtigkeits-Isolationsschichten durchzogen und im Innern mit trockenem geglühten Sande gefüllt. Auf diesem Sande stehen die pyramidalen gemauerten Pfeiler, welche die Mikroskope tragen.

Um mechanische Beeinflussung der Pfeiler durch das Gewicht des Beobachters, der Wagen und Tröge (s. u.) zu verhindern, sind der eiserne Fußboden für den Beobachter einerseits und die Schienen und Drehscheibe andererseits auf je einem besonderen Eisengerüst gelagert. Diese beiden Eisengerüste ruhen auf den äußeren Umfassungsmauern, die einen Teil des ganzen Gebäudes bilden.

Das System der Vertauschung der Stäbe.

Die Vertauschung der Stäbe geschieht folgendermaßen: Im Saale stehen zwei gemauerte Pfeiler von $1^1/_2$ und 5 *m* Länge parallel einander gegenüber. Auf dem kleinen Pfeiler sind zwei Mikroskope in 1 *m* Abstand, auf dem großen deren fünf

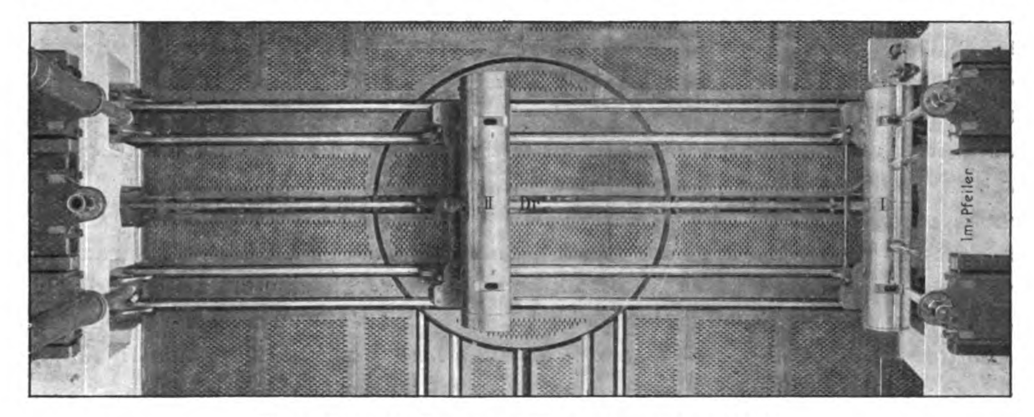


Fig. 2. Schienen, Pfeiler und Wagen (von oben gesehen).

in Abständen von je einem Meter fest montiert. Der große Pfeiler ist für Längenvergleichung von 2—4 *m* bestimmt, insbesondere für geodätische Maßstäbe. Die Tröge, in denen die Stäbe sich befinden, stehen auf Wagen, welche ihrerseits auf Schienen laufen. Die Schienen erstrecken sich von den Pfeilern bis auf eine in der Mitte des Saales befindliche gemeinsame Drehscheibe (*Dr* in Fig. 2), die für Vertauschung der Wagen an beiden Pfeilern dienen kann. Zu Beginn der Vergleichung stehe z. B. der Wagen I vor dem 1 *m*-Pfeiler, der Wagen II auf der Drehscheibe. Soll vertauscht werden, so fährt der Wagen I auf die Drehscheibe, diese dreht sich um 180°, II tritt dadurch an Stelle von I und fährt vor den Pfeiler. Nun kann nach geschehener Beobachtung das Spiel rückwärts beginnen.

Für die Vertauschung zweier in demselben Trog liegender Maßstäbe ist noch eine besondere Einrichtung getroffen, welche gestattet, einen der Tröge auf dem unter dem Mikroskope stehenden Wagen hin und her zu schieben (s. S. 244).

Die Pfeiler und Mikroskope.

Den Querschnitt der Pfeiler zeigt Fig. 1. Auf einem pyramidalen Aufbau aus starkem Mauerwerk liegt der Länge nach eine gewaltige Sandsteinplatte von 30×50 *cm²* Querschnitt. Temperaturschwankungen von der Größe der vorkommenden sind auf diese massiven Steinblöcke mit ihrer schlechten Wärmeleitung völlig ohne Einfluß, zumal während der kurzen Zeit (10 min.) einer ganzen Beobachtung. Ähnliches gilt auch für die starken gußeisernen Träger der Mikroskope (*T* Fig. 6). Auf der Sandsteinplatte liegen zunächst starke gußeiserne Platten von 1—2 Zentnern Gewicht mit I-förmigem Querschnitt. Vier in den Sandstein eingegipste Schrauben halten die Platten fest. Diese Kuppelung ist nicht ganz korrekt, weil sie zu Spannungen Veranlassung geben kann. In der Tat ist bei sonst völliger Konstanz des Mikroskopabstandes vereinzelt ein sprungweiser Ausgleich solcher Spannungen beobachtet worden, der aber als solcher gleich erkannt werden konnte.

Auf den erwähnten Platten ist durch Stellschrauben von vier Seiten ein Schlitten beweglich, welcher, selbst schwer, eine zweite Platte mit dem Mikroskop trägt, welche durch Anzieh- und Abstoßschrauben beweglich ist und gestattet, die Mikroskopachse senkrecht zu stellen. Auf diese Weise sind die Mikroskope nach allen Richtungen verschiebbar. Da meistens Maßstäbe von 1 *m* Länge geprüft werden, so können diese Justiereinrichtungen wochen- und monatelang unangetastet bleiben.

Die an diesen Haltern befestigten Mikroskope unterscheiden sich von den gebräuchlichen auch durch ihre Größe. Das Rohr der Mikroskope ist ungefähr 70 *cm* lang und hat 5 *cm* Durchmesser bei 0,5 *cm* Wandstärke. Diese Größe war geboten durch den erforderlichen Arbeitsabstand von 15 *cm*, hat aber auch sonst leicht bemerkbare Vorteile. Die Objektive haben eine Brennweite von 12 *cm* und bringen eine Vergrößerung von $3^1/_2$ hervor. Hierzu kommen Okulare von 10- und 20facher Vergrößerung zum Auswechseln, so daß eine 35- und 70fache Gesamtvergrößerung resultiert. Die 70fache bezeichnet ungefähr ein Günstigkeitsmaximum für die vorliegenden Verhältnisse feinster Maßstabvergleichung. Die numerische Apertur der Mikroskope ist besonders groß, größer, als sie an Mikrometern zu sein pflegt, nämlich 0,1. Daß diese hohe Apertur besondere Vorteile, zumal für die Fokussierung bietet, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

Die Mikrometer einer älteren Konstruktion, die Verf. an den Mikroskopen vorfand, werden zurzeit durch Mikrometer Reichelscher Konstruktion ersetzt. Die Reichelsche Konstruktion ist eine Verbesserung der alten Repsoldschen. Auf Grund von Untersuchungen in der Normal-Eichungskommission nach der Methode von W. Felgentraeger[1]) zeigte erstere eine große Überlegenheit hinsichtlich der Sicherheit der Einstellung.

Die Beleuchtung der Mikroskope geschieht durch eine 0,2 *mm* dicke, unter 45° gegen die Rohrachse geneigte Glasplatte. Die Platte steckt in einem Kästchen

[1]) W. Felgentraeger, *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 251. 1907*: Referat in *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 80. 1908*. Diese wertvolle Methode erlaubt ein zuverlässigeres Urteil über die Sicherheit der einzelnen Einstellung als die älteren Methoden.

von quadratischem Querschnitte, das senkrecht zur Achse unter dem Okular in das Rohr eingeschoben werden kann. Das Licht wird zugeführt durch einen Kondensator, der in etwa $1^1/_2$ *m* Entfernung an der Wand justierbar befestigt ist und das Bild einer Fokusglühlampe in der Fadenebene des Mikroskops entwirft. Die Lampe selbst kann vom Mikroskopbeobachter ein- und ausgeschaltet werden und soll nur unmittelbar während der Beobachtung brennen. Diese Beleuchtungsweise ist bei allen Stabformen und sowohl bei matten als auch bei glänzend polierten Stäben anwendbar und hat sich ausgezeichnet bewährt.

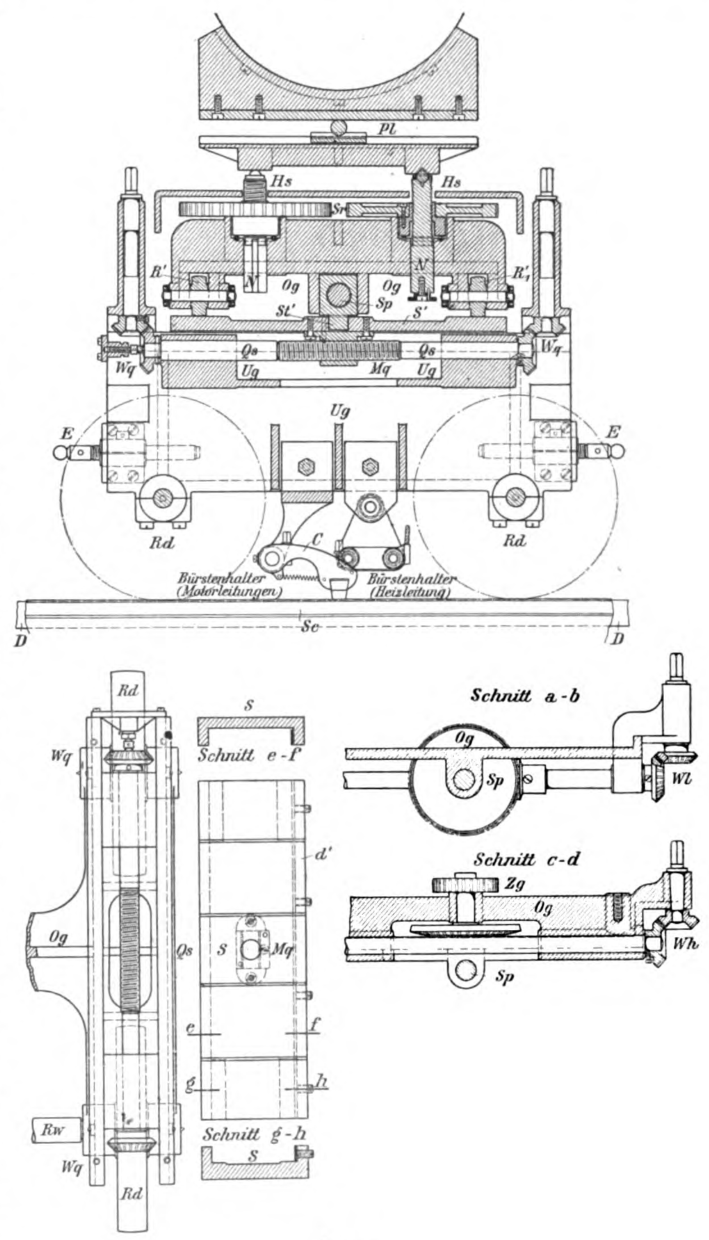
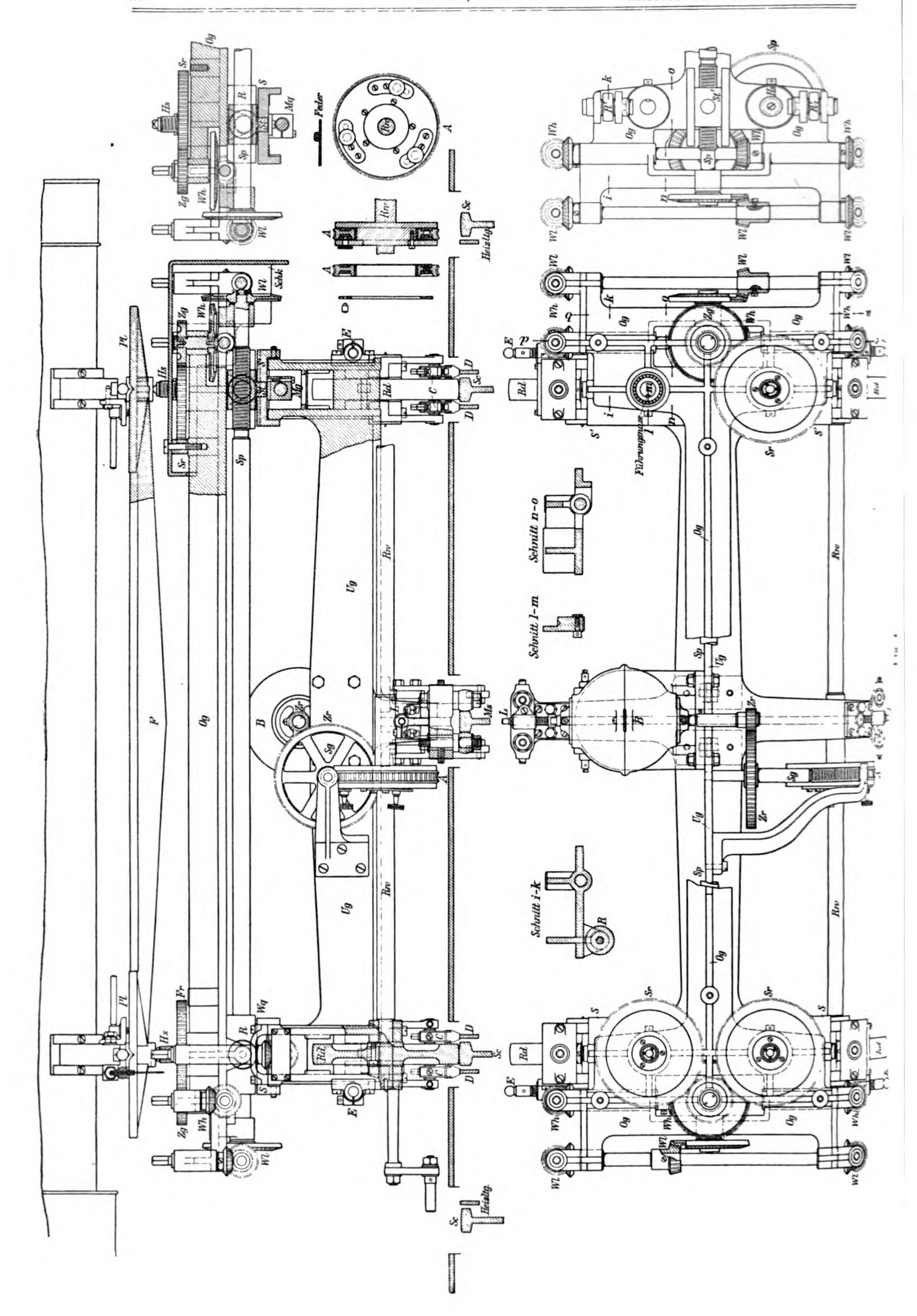


Fig. 8.

Schienen, Drehscheibe und Wagen.

Für den Transport der Tröge dienen vier Wagen, zwei kleine mit 1 *m* Spurweite für 1 *m*-Vergleichungen, zwei große mit 1,5 *m* Spurweite für 4 *m*-Vergleichungen. Die Führung geschieht durch eine besondere gemeinsame Mittelschiene. Die Drehscheibe wird am Rande von fünf Unterstützungsrädern getragen; in der Mitte ist sie durch ein halbkugeliges Lager festgelegt. Die Bewegung der Wagen kann elektrisch (vom Nebenraume aus) und mit der Hand betrieben werden. Die Stellung der Wagen wird im Nebenraume durch Signale angezeigt. Die Bewegung wird durch verstellbare, mit den Schienen verbundene Anschläge vor den Pfeilern begrenzt.

Die gewählte Vertauschungseinrichtung hat neben Vorzügen den Nachteil, daß sie einerseits etwas zeitraubend und umständlich ist, andererseits die Wagen nicht völlig genau unter die Mikroskope zurückkehren läßt. Die Differenzen betragen bis 0,1, seltener bis 0,2 *mm*. Es muß daher vor jeder Beobachtung neu längs und quer eingestellt werden, was keine Schwierigkeiten bietet. An den Wagen selbst sind Einrichtungen ge-



troffen, um die Tröge mit den Stäben nach jeder Richtung (hoch, längs, quer) zu verstellen. In welcher Weise diese Feinstellung gemacht ist, läßt sich aus den Fig. 3 und 4 entnehmen, die eine genaue Werkzeichnung darstellen.

Auf den Achsen *Rw* des Wagens ruht zunächst ein starker gußeiserner Rahmen *Ug*; dieser trägt die Schrauben *Os*, durch die die daraufliegenden Schlitten *S* und *S'* quer verschiebbar sind. Auf diesen Schlitten ist das Obergestell *Og* auf Rollen *R' R'* längs verschiebbar. Transportiert wird dieses Obergestell durch die Längsschraube *Sp*. Die Höhenverstellung geschieht durch vier Schrauben *Hs*, *Hs*, die durch Kupplung zu zweien an jeder Seite in genau gleicher Weise hochschrauben. Auf den Köpfen

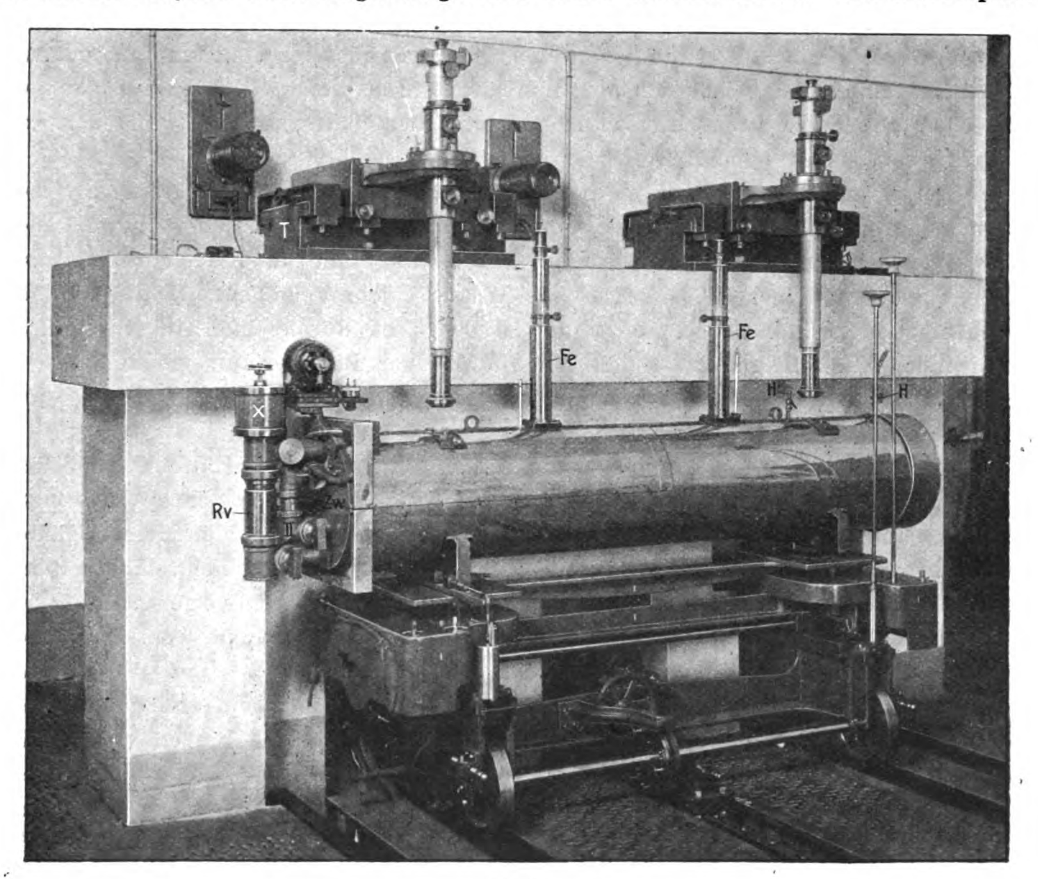


Fig. 5.

der Schrauben, die mit Kugeln versehen sind, liegt die Platte *Pl* von ⊏═⊐-förmigem Horizontalschnitt; die Schraubenköpfe sind einzeln so justiert, daß die Platte auf den vier Punkten ohne Spiel aufliegt. Völlig fest liegt die Platte dann dadurch an daß ihr Mittelstück *F* federt. Sämtliche Verstellungen sind, durch Zahnräder *Wq* und *Sr* übertragen, von *oben* auszuführen. Die Zahnradübertragung ist ferner so ausgeführt, daß alle Bewegungen an allen vier Ecken des Wagens ausführbar sind. Die äußere Ansicht eines Wagens zeigt Fig. 5.

Die Tröge des Einmeterkomparators.

Auf die Tröge des Einmeterkomparators ist ganz besondere Sorgfalt verwendet worden. Es handelte sich zunächst um die Frage, ob Flüssigkeits- oder Lufttemperierung anzuwenden sei. Die Flüssigkeitstemperierung hat ja verschiedene Vor-

züge: sie gestattet ein rasches Temperieren, einen guten Ausgleich und eine gute Bestimmung der Temperatur. Allein aus anderen Gründen war sie hier nicht anwendbar. Es ist in hohem Grade bedenklich, gute Maßstäbe ersten Ranges in Wasser zu legen, insbesondere durfte man das Prototyp dieser Gefahr nicht aussetzen; auch kann man ja der Brechung halber nicht durch die Flüssigkeit beobachten und muß deshalb zu zweifelhaften Mitteln greifen, z. B. die Flüssigkeit nur bis zur oberen Kante des Stabes aufzufüllen; hier wird wiederum die Temperatur des Stabes unbestimmbar wegen der Oberflächenverdunstung und weil Rühren nur mangelhaft möglich ist od. dgl. Oder man muß sich mit Aufkitten von Röhrchen auf den Stab helfen, wobei eine Beschädigung feiner Stäbe kaum auszuschließen ist.

Aus allen diesen Gründen war eine Temperierung der Stäbe in Luft geboten. Diese Lufttemperierung läßt sich aber nur durchführen, wenn die Stäbe *von allen Seiten* mit einer gleichmäßig temperierten Hülle von hoher Wärmekapazität umgeben sind.

Diese Überlegungen führten zu folgender Konstruktion (Fig. 6).

Der Trog hat die Form eines Doppelzylinders aus Messing, dessen Zwischenraum mit Wasser angefüllt ist. Der äußere Zylindermantel hat 25, der innere 12,5 *cm* Durchmesser. Im inneren Hohlraume liegen die Stäbe in Luft und sind von allen Seiten von einer 6—6,5 *cm* dicken Wasserschicht umgeben. Damit man nun bequem zu den Stäben gelangen kann, ist der Trog durch einen Achsenschnitt in zwei gleiche Hälften geteilt, so daß jede Hälfte einen Behälter für sich bildet.

Die Heizung des Troges geschieht elektrisch, und zwar auf folgende eigentümliche Art:

Konaxial zu den Zylinderflächen des Troges sind in beiden Hälften zylindrische Messingbleche von 1 *mm* Stärke isoliert von dem übrigen Trog angebracht. Sie stecken nämlich in langen Schieferleisten *Sl*, und zwar so, daß sie den Messingmänteln nirgendwo näher kommen als auf die halbe Dicke der Wasserschicht. Diese Bleche werden mit der Wechselstromleitung von 120 Volt der Charlottenburger Zentrale verbunden. Der Strom fließt von dem einen Blech zur Trogwandung, von dort in die zweite Messinghälfte des Troges und dann zum zweiten Blech. Das Wasser dient bei dieser Anordnung als Widerstand, es wird so von dem Strom gleichmäßig nach allen Seiten hin erwärmt. Diese Art der Erwärmung hat den großen Vorzug, daß an keiner Stelle eine bedeutend höhere Temperatur als die Mitteltemperatur entsteht, also starke lokale Differenzen von vornherein vermieden werden. Die Fläche der Blechstreifen ist so abgestimmt, daß die Widerstände und damit der Heizeffekt in beiden Hälften gleich wurden. Als Füllung dienen 50 Liter Wasser, zur Hälfte aus destilliertem, zur anderen Hälfte aus gewöhnlichem Leitungswasser bestehend. Der Wasserwiderstand hält sich befriedigend konstant. Knallgasbildung tritt nicht auf.

Der Trog ist durch seine natürliche Beschaffenheit mit der Erde verbunden; dies schützt gleichzeitig den Beobachter vor elektrischen Einwirkungen, so daß er frei hantieren kann. Der Erdschluß des Troges schließt natürlich einen zweiten Erdschluß aus. Da jedoch die Leitung der Zentrale Erdschluß hat, so war es nötig, einen Transformator vorzuschalten, nur zu dem Zwecke, einen unabhängigen Stromkreis zu erzeugen. Das Übersetzungsverhältnis ist 120 : 120 Volt.

Die durch die Heizung schon bewirkte gleichmäßige Verteilung der Temperatur macht eine gute Rührvorrichtung gleichwohl nicht überflüssig. Es wurde deshalb folgende wirksame Rührung angebracht: Durch die Heizbleche sind die beiden Troghälften schon wiederum in zwei Längshälften zerlegt; diese Räume stehen mit den äußeren Verbindungsstücken *Zw* (Fig. 5 u. 6) in Verbindung, und zwar so, daß eine in *Rv*

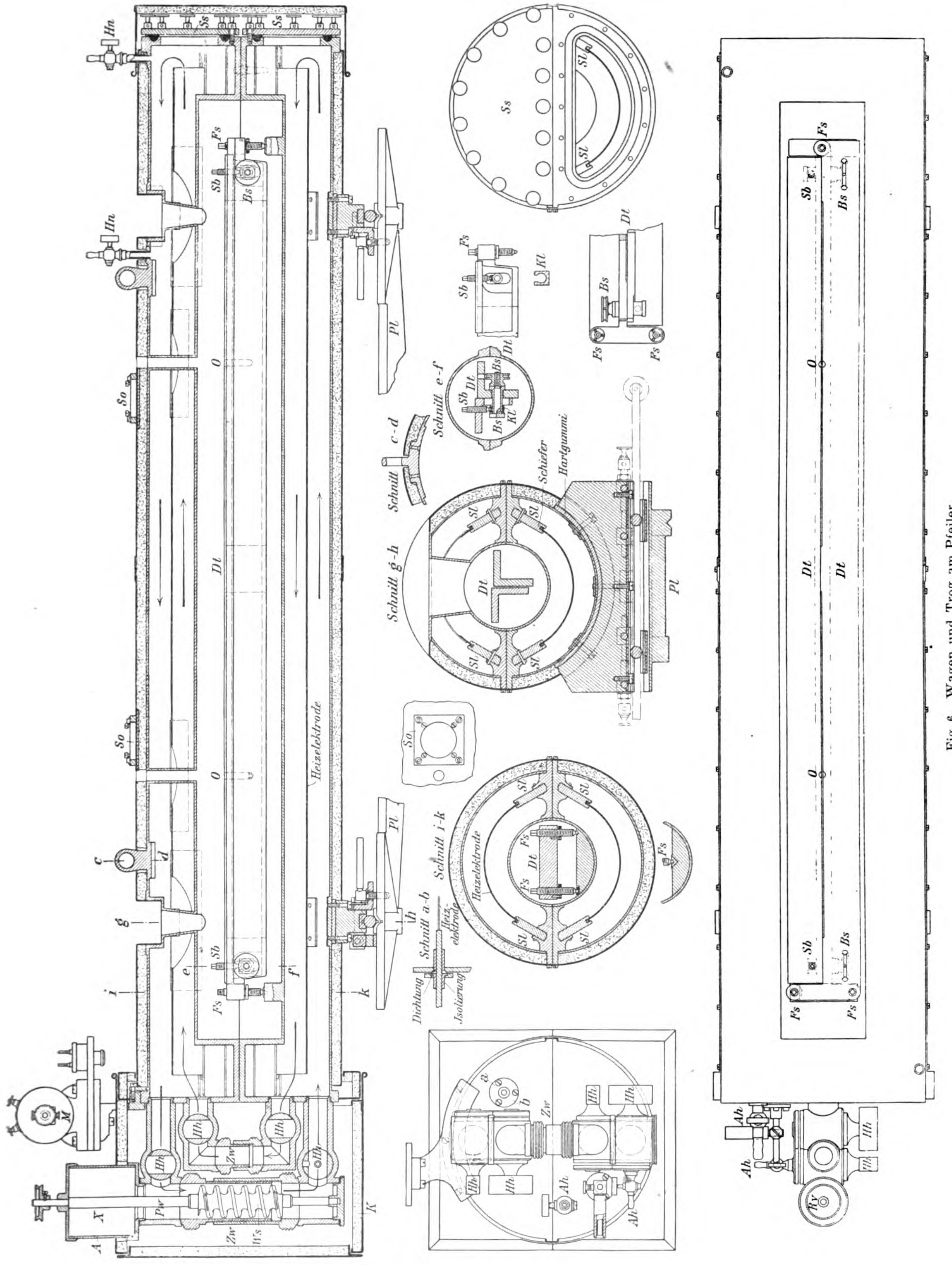


Fig. 6. Wagen und Trog am Pfeiler.

befindliche Wasserschraube *Ws* das Wasser durch den unteren Teil der unteren Hälfte, den oberen Teil der unteren Hälfte, das Verbindungsstück *Zw* und dann in derselben Weise, aber umgekehrt, durch den Deckel des Troges treibt, so daß überall Gegenstrom in der Längsrichtung des Troges herrscht. Die beiden äußeren Verbindungsstücke sind mit Hähnen *Hh*, *Hh* versehen, die jede Troghälfte abschließen können; die Zwischenstücke *Zw* und *Rv* bestehen in auseinanderschraubbaren Zylindern (Fig. 5 u. 6), mit Kugelflächen-Zonen an den Enden, die auf die Ansatzstücke eingeschliffen sind mit einem Radius gleich der Länge der Zwischenstücke. Diese schließen in jeder Stellung der Lagerstücke dicht ab.

Die Pumpe *Ws* an dem äußeren Zwischenstücke *Zw* (Fig. 6) wird mit dem kleinen Motor *M* betrieben. Die ganzen Ansätze sind von einem wärmeisolierenden Kasten *K* umgeben. Soll der Trogdeckel abgehoben werden, so werden die Heizleitungen entfernt; dadurch wird der Schutzkasten abnehmbar, das Wasser wird aus den Zwischenstücken nach Entfernung der Pumpe abgelassen und nun kann abgehoben werden.

Die Wasserfüllung bleibt dauernd im Troge; zum Ablassen der letzten Spuren Luft dienen die Hähne *Hn*, *Hn*; das Gefäß *X* dient zum Aufnehmen des sich bei der Heizung ausdehnenden Wassers. Die Stirnseiten der Tröge sind abnehmbar; der Verschluß erfolgt vollkommen zuverlässig durch viele Klemmschrauben und einen zwischengelegten Gummiring.

Der ganze Trog ist im Äußern 1,50, im Innern 1,25 *m* lang. Zur Beobachtung ist die obere Trogwand mit ovalen, sich nach innen verjüngenden Öffnungen in 1 *m* Abstand durchbrochen, die gerade so groß sind, daß die Strahlenkegel des Objektivs auch bei Verschiebung des Troges eben eingefaßt werden. Die Öffnungen sind wieder verschlossen mit zwei Verschlüssen, welche eine justierbar angebrachte kreisförmige Öffnung enthalten, die genau den Strahlenkegel eines Beobachtungsmikroskops durchlassen. Diese Öffnung ist mit einem Glimmerblatte von so geringer Dicke verschlossen, daß die optische Brechung unschädlich ist, die Luftzirkulation aus dem Innern aber verhindert wird.

Zur Beobachtung der Temperatur des Innern sowie der Hülle dienen zwei senkrecht durch die Trogwandung dicht eingeführte Thermometer in dem günstigsten Abstande von 78 *cm*. Diese Thermometer können mit ihrem Quecksilbergefäß bis in eine Bohrung der gleich zu beschreibenden Maßstabtische eingeführt werden, so daß es möglich ist, die Temperatur der Maßstabtische, der Luft im Innern und der Trogwandungen gesondert zu bestimmen. Hierdurch ist eine gute Kontrolle der gleichmäßigen Temperierung gegeben. Als Beweis für die gute Temperierung möge dienen, daß es gelang, bei den beiden in 78 *cm* Entfernung im Troge steckenden Thermometern eine Differenz von 0,02° gegen die Fehlertafel nachzuweisen, welche sich bei der Nachprüfung im Thermometer-Prüfapparat als reell erwies. Um eine Fadenkorrektion möglichst zu vermeiden, wird bei den Vergleichungen eine Kollektion Thermometerpaare benutzt, welche in ihrer Länge für verschiedene Temperaturen so abgepaßt sind, daß eine Fadenkorrektion wegfällt. Zum Ablesen der Thermometer dienen Fernrohre *Fe*, *Fe* (Fig. 5) von etwa siebenfacher Vergrößerung. Sie enthalten vor dem Objektiv ein total reflektierendes Prisma, damit von oben beobachtet werden kann.

Zur Isolation gegen Wärme ist der ganze Trog mit dickem Filz umkleidet, und darüber mit vernickeltem Messingblech zur Verhinderung der Strahlung. Gleichzeitig ist dadurch eine wirksame Schutzhülle gegen Nässe u. dgl. geschaffen.

Dieser hier beschriebene Trog ist für Heizung eingerichtet; der zweite, bis auf die Heiz- und Rührvorrichtung ganz gleich gebaute Trog ist für Füllung mit Eis oder Wasser bestimmt, wobei auch das Innere bis an die Stäbe mit Eis angefüllt werden kann.

Der zur Heizung erforderliche elektrische Strom wird dem Heiztroge durch eine Schnur von der Decke zugeführt, die Schaltung geschieht im Nebenraume. Auf besondere Thermostaten ist auch hier verzichtet worden. Das Regulierverfahren ist vielmehr folgendes: Man heizt mit voller Kraft bis zur gewünschten Temperatur unter ständigem Rühren, läßt temperieren, bis die Temperaturen der Trogwand und des Tisches im Innern gleich sind, und schaltet sodann zur Konstanthaltung der Temperatur die aus einer Tabelle zu entnehmende Anzahl Watt ein, die an einem Wattmesser abzulesen sind. Man wartet sodann ab, ob sich noch etwas ändert in der Temperatur und kann dann beobachten. Nach dem Anheizen, was etwa bis zu einer Stunde dauern kann, kommt die Temperatur des Tisches langsamer nach, und während nun die des Troges fällt, wird auf 0,01° genau beobachtet, wann beide gleich sind. Das Verfahren liefert, wie die Beobachtungen zeigen, sehr zuverlässige Temperaturbestimmungen.

Die zur Konstanthaltung einer bestimmten Temperatur erforderliche Wärmezufuhr ist gleich dem Wärmeverlust bei dieser Temperatur und wird in einfacher Weise aus der Abkühlungskurve des Troges entnommen; die Wärmekapazität des Troges ergibt sich aus der Temperaturerhöhung durch eine bestimmte hineingesandte Wärmemenge in Watt × Zeit. Die Kapazität des Troges beträgt 64000 *g-Kal.*

Die Maßstabtische des Einmeterkomparators.

Das Innere der Tröge enthält die Tische zur Auflagerung der Maßstäbe. Der eine dieser Tische besteht in einer einfachen ebenen Platte mit drei Fußschrauben. Der zweite Tisch ist ein Doppeltisch, zur Aufnahme zweier Maßstäbe eingerichtet, mit Hoch- und Niederstellung zur gegenseitigen Justierung der Stäbe. Fig. 6, Schnitt *i—k*, *g—h*, *e—f*, zeigt den Doppeltisch im Querschnitt; der obere Teil der Fig. 6 läßt den vertikalen, der untere den horizontalen Längsschnitt erkennen. Die eine Tischplatte hat eine im Grundriß ⊔-förmige Gestalt (Fig. 6 *Dt*) und steht auf drei Fußschrauben *Fs*; die zweite Platte ist durch zwei Klemmschrauben mit der tragenden Platte verbunden. Durch die Fußschrauben können also beide Platten zunächst gleichzeitig verstellt werden. Es ist also nur noch nötig, die erste Platte gegen die zweite verstellen zu können. Dies geschieht durch folgende Einrichtung: Die beiden Tische sind an jedem Ende durch eine Klemmschraube *Bs* gegenseitig festzuklemmen; dies geschieht aber erst durch die Zwischenschaltung je eines Klemmstückes *Kl*. In der Lücke von *Kl* reitet auf jeder Klemmschraube ein kleines Metallplättchen, welches etwas schmaler ist als das Klemmstück *Kl*, so daß es wohl fest aufliegt, aber nicht mitgeklemmt wird. Dieses Plättchen trägt eine Stellschraube *Sb*, wodurch die Nebenplatte des Tisches gegen die tragende Platte verstellt werden kann. Die Tischplatten sind durch Schaben geebnet; auf ihnen liegen die Stäbe. Will man diese auf den Besselschen Punkten auflagern, so kann man eine entsprechende kleine Vorrichtung auf die Tische legen. Der einfache und der Doppeltisch sind in den Trögen vertauschbar; der Doppeltisch dient zum Vergleiche zweier Stäbe bei gleicher Temperatur.

Um bei der letzteren Vergleichsweise die in demselben Trog nebeneinander liegenden Stäbe vertauschen zu können, ist, wie bemerkt, noch eine Einrichtung

getroffen, den Heiztrog auf dem Wagen hin und her schieben zu können. Diese Einrichtung ist ebenfalls aus Fig. 6 zu ersehen. Schnitt *g—h* zeigt die Form der Trogfüße. Diese haben unten eine ebene Bahn, deren eine mit einer Keilnute von 120° Winkel versehen ist, gleich den beiden in die Oberfläche der Platte *Pl* eingearbeiteten parallelen Quernuten. In der einen der letzteren liegen zwei Kugeln, 180 *mm* voneinander entfernt, in der anderen *eine* Kugel. Auf diesen drei Kugeln, welche ein gleichschenkliges Dreieck bilden, ruht der Trog; mit seiner Keilnute auf den zwei die Basis bildenden, und mit seiner ebenen Fläche auf der dritten, die Spitze des Dreiecks darstellenden. Es ergibt sich hieraus eine zwangfreie Anordnung des Troges zur Platte *Pl* und eine leicht bewegliche hin- und hergehende Abrollung, welche durch stellbare Anschläge begrenzt wird.

Spezialeinrichtungen des Einmeterkomparators.

Hier sind noch zwei kleinere Einrichtungen zu erwähnen.

1. Die Bandmaßspannvorrichtung

ist eine Einrichtung, welche gestattet, in den Einmeterträgen Bandmaßproben unter bestimmter konstanter Spannung auf Ausdehnung durch Wärme zu prüfen. Diese Einrichtung zeigt Fig. 7. An den Maßstab-Doppeltisch ist ein Winkelstück aus Messing *A* anzuschrauben. Dieses trägt die Schneiden zweier rechtwinkeliger Winkelhebel *B*, auf deren einem Schenkel ein Gewicht *G* ruht und durch Vermittelung je eines kleinen Schlittens *C* eine oder zwei Bandmaßproben je nach Bedarf spannen kann. *D* zeigt die kleine Vorrichtung zur Justierung der Lage des Bandmaßes gesondert. Die Vorrichtung ist so kompendiös, daß sie in dem inneren Trograume Platz hat.

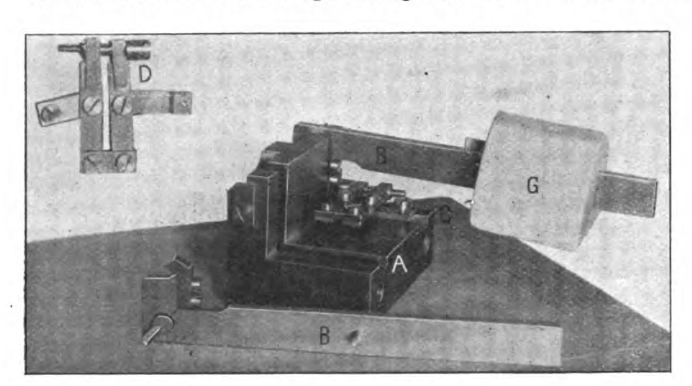


Fig. 7. Bandmaßspannvorrichtung.

2. Die Doppelschneideneinrichtung.

Diese vom Verf. zuerst zur Bestimmung der Wärmeausdehnung angegebene und verwandte Einrichtung ist ein ganz einfacher kleiner Apparat, Fig. 8, bestehend aus einer Doppelschneide P_1 mit rhombischem Querschnitt und 3 *mm* Schneidenabstand, verbunden mit einem Spiegel *Sp*. Diese Vorrichtung wird in der skizzierten Weise zwischen zwei Stäbe gelegt, während das andere Ende durch eine Spitze, Winkelschneide oder dergleichen (s. Fig.) festgelegt wird. Wird die Vorrichtung erwärmt, so dreht sich der Spiegel; die Drehung wird mit Fernrohr und Skala abgelesen. Die Beobachtung geschieht im 1 *m*-Heiztroge durch die eine der Beobachtungsöffnungen bei horizontaler Skale und senkrecht blickendem Fernrohre. Die Beobachtungsgenauigkeit ist eine erstaunliche. 0,1 μ Genauigkeit der Einzelbeobachtung wird ohne weiteres erreicht, bei Vergrößerung der optischen Mittel wird man wohl noch weiter kommen. Selbstverständlich kann man mit der Doppelschneidenmethode ganz rohe

Materialien, so z. B. ein Stück gewöhnlichen Telegraphendrahts, ein Stück Kupfer-Profildrahts St_2, St_1, Fig. 8, und dergleichen schnell und mit großer Genauigkeit auf Ausdehnung prüfen.

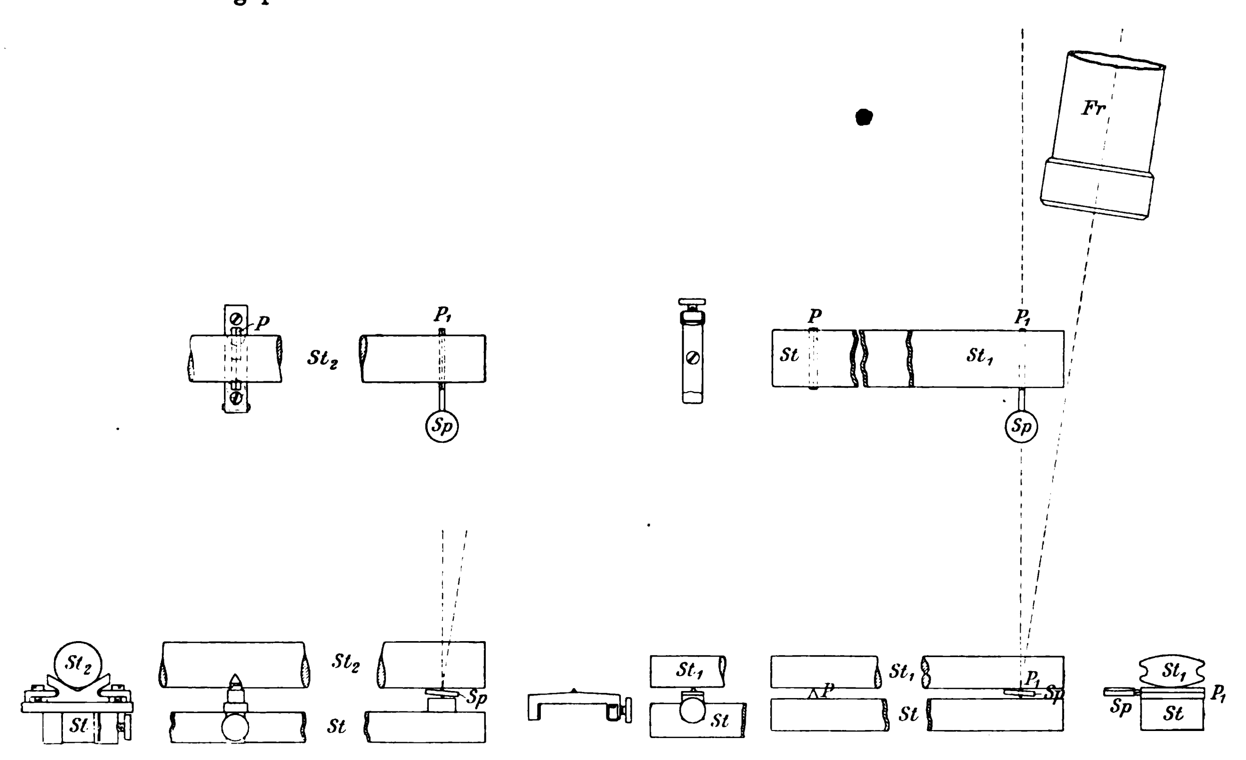


Fig. 8. Doppelschneideneinrichtung.

Die Tröge des Viermeterkomparators.

Der Viermeterkomparator soll insbesondere für die Bestimmung geodätischer Maßstäbe dienen. Diese hier zu vergleichenden Stäbe haben in der Regel sowohl eigene Auflagerungs- als auch Temperierungseinrichtungen, mit denen sie bei der Vergleichung verbunden bleiben müssen. Es war deshalb nicht möglich, bei der Verschiedenheit dieser zugehörigen Einrichtungen schon von vornherein eine für alle Fälle ausreichende Einrichtung der Tröge des Viermeterkomparators gleich beim Bau des Apparates herzustellen. Dieses war nur möglich für das Viermeternormal der Kommission. Dementsprechend ist für den zu vergleichenden Stab nur ein einfacher kastenförmiger Trog von 25×25 *cm* Querschnitt und 4,5 *m* Länge angefertigt, der lediglich zur Temperaturverteilung und Abhaltung der Strahlung und Konvektion aus Messingblech besteht (Fig. 9). Die Messingblechwandung ist zerlegbar und erweiterungsfähig[1]).

In diesem Troge sind verschiebbare und verstellbare Träger für Maßstäbe, um diese an den Besselschen Punkten auflegen zu können. Fig. 9 oberer Teil zeigt die Einrichtung im Aufriß, Grundriß und Querschnitt. Die Zeichnung ist ohne Erläuterung verständlich.

[1]) Über den späteren Einbau von 3 Viermetertischen in diesen Trog s. die Abhandlung von Dr. Thomas über den Besselschen Basismeßapparat, *Wissensch. Abhandl. d. Normal-Eichungskommission 8. S. 115. 1912.*

Der zweite Viermetertrog dient zur Aufnahme des Normals. Dieses Normal ist ein Stab von 4 *m* Länge mit H-förmigem Querschnitt (4×4 *cm* Kantenlänge) und ist in der neutralen Schicht geteilt.

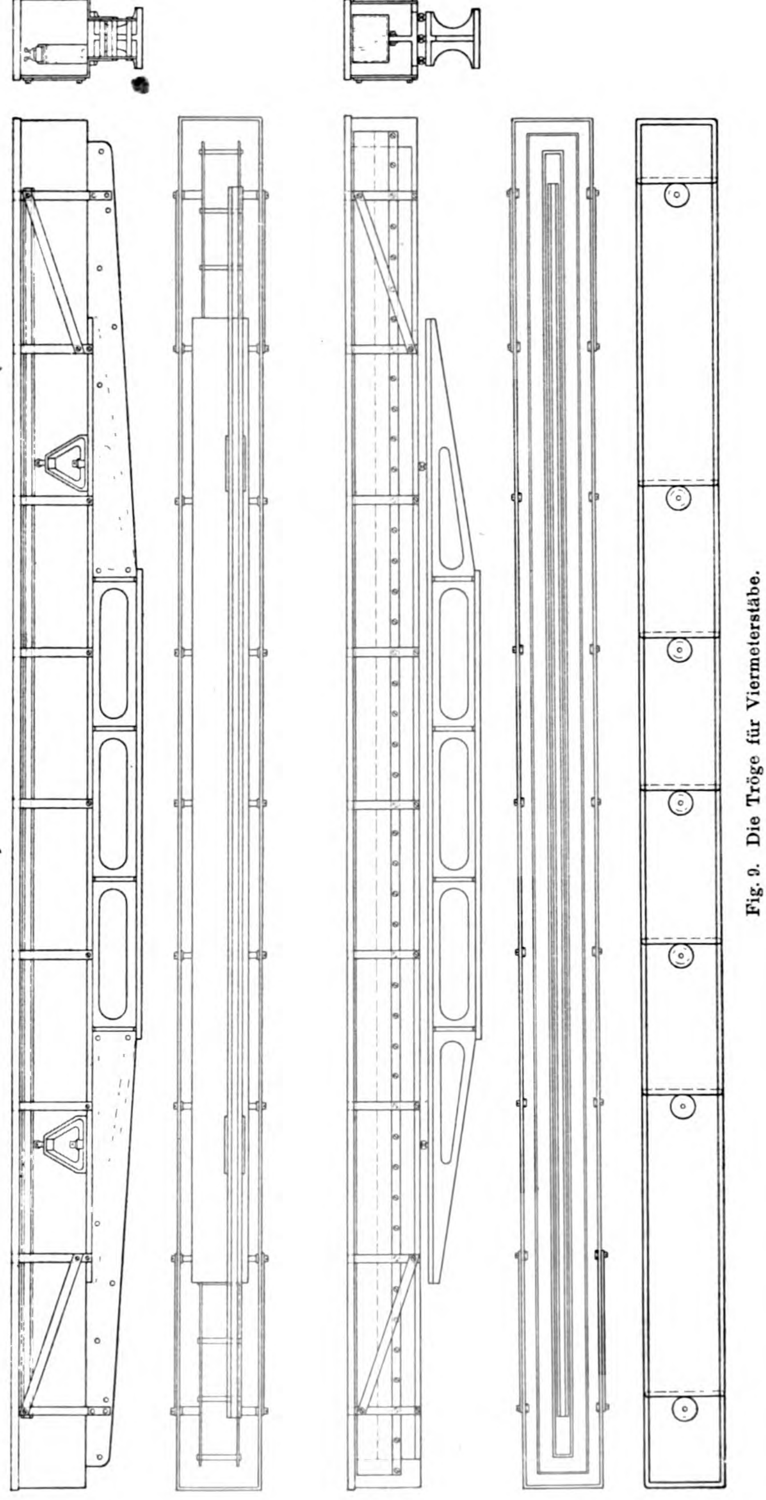


Fig. 9. Die Tröge für Viermeterstäbe.

Der Trog zur Aufnahme dieses Stabes (Fig. 9, unterer Teil) hat denselben Querschnitt wie der erste. Von außen nach innen hat er folgende Hüllen: mit Isoliermaterial angefüllte Blechkästen, die einzeln abnehmbar sind, eine Wasser- oder Eisschicht und einen Kasten von 5 × 5 *cm* innerem Querschnitt, in dem der Stab entweder auf den Besselschen Punkten oder auf der unteren planen Fläche gelagert werden kann. Die den Trog deckenden Isolierkästen sind so ausgeführt, daß von $^1/_2$ zu $^1/_2$ *m* beobachtet werden kann. Entsprechend der erforderlichen geringeren Genauigkeit sind diese Trogeinrichtungen einfacher ausgeführt.

Apparat zur Untersuchung der Doppelbrechung optischer Gläser.

Von

Hans Schulz.

(Mitteilung aus der optischen Anstalt von C. P. Goerz in Berlin-Friedenau.)

(Fortsetzung von S. 209.)

Sollen die Messungen in theoretisch einwandfreier Weise ausgeführt werden, so muß der Polarisator unter 45° zur Einfallsebene der Prismenkombination *D* (vgl. Fig. 6) gestellt sein, und die Hauptschwingungsrichtungen des Kompensators müssen parallel und senkrecht zur genannten Einfallsebene sein. Das Versuchsstück ist dann zur Bestimmung seiner Achsenlage solange um die optische Achse des Strahlenbündels zu drehen, bis die Verschiebung des Babinetschen Kompensators ein Maximum ergibt. Die Lage der Platte ergibt dann die Richtung der Achsen in dem beobachteten ausgeblendeten Teil; die Maximalverschiebung des Babinet ist proportional der Gangdifferenz $n_0 - n_e$. Die richtige Einstellung von Polarisator und Kompensator ist nun leicht zu erreichen; dagegen macht die Einstellung des Versuchsstückes namentlich bei beträchtlicher Größe (für die Voruntersuchung standen Scheiben von 220 bzw. 250 *mm* Durchmesser zur Verfügung) große Schwierigkeiten. Überdies ist auch bei diesem Meßverfahren nur möglich, eine mittlere Achsenlage zu bestimmen, weil sowohl die Größe der Doppelbrechung als auch die Achsenlage von Punkt zu Punkt variiert. Es wurde deshalb zunächst so vorgegangen, daß die Platte in horizontale Streifen geteilt wurde, und man bei feststehendem Polarisator und Babinet die Verschiebung des Kompensators bestimmte, welche nötig war, um die Verschiebung des Doppelstreifens aufzuheben. Es ergab sich dabei naturgemäß an allen Stellen, wo die mittlere Achsenlage mit der Schwingungsrichtung vom Analysator oder Polarisator zusammenfiel, die Gangdifferenz

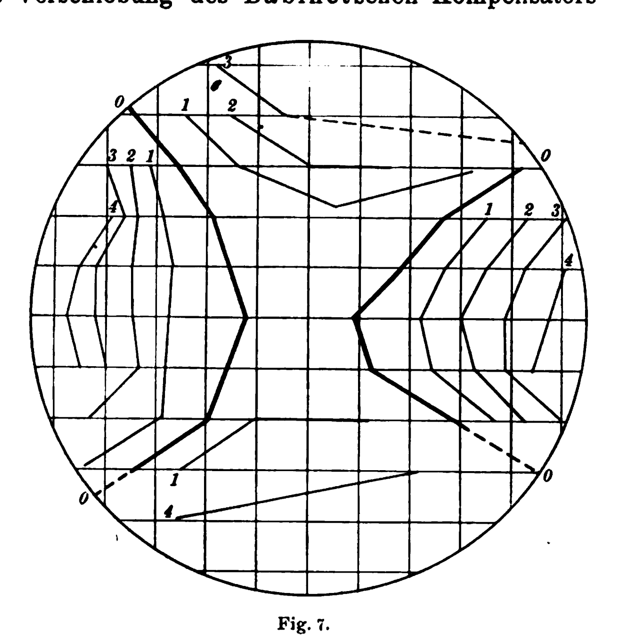


Fig. 7.

Null, weil an diesen Stellen innerhalb der Platte keine Zerlegung des Strahles in zwei Komponenten stattfand. Die auf diese Weise bestimmte Spannungsverteilung ergab also das gleiche Bild (Fig. 7), wie es die Spannungsfigur zwischen gekreuzten Nicols im konvergenten Licht zeigt: zwei hyperbelähnliche Kurven kennzeichneten die Orte aller Punkte, in welchen die Kompensatorablesung Null war. Jedoch trat hier mit großer Deutlichkeit hervor, daß fast bei allen Platten keine Berührung dieser Hyperbeläste in der Mitte eintrat, also kein schwarzes Kreuz. Während man bisher annahm, daß die Spannungsfigur einer kreisförmig geschnittenen Platte ein schwarzes Kreuz sei, daß also die im konvergenten Licht erhaltene Spannungsfigur dem Interferenzbild einer einachsigen, senkrecht zur optischen Achse geschnittenen Kristallplatte zu vergleichen sei, ergab sich hier, daß, um kurz zu sprechen, die Glasplatten fast stets das Bild eines *zweiachsigen* Kristalles darboten. Noch deutlicher trat dies hervor, wenn die Beobachtung in anderer Weise ausgeführt wurde. Wären die Orte gleicher Spannung bei kreisförmig begrenzten Platten auf konzentrische Kreisen verteilt, die Schwingungsrichtungen (bzw. Achsenrichtungen) also in jedem Punkte radial bzw. tangential zur Plattenmitte, so müßte, wenn die Hauptschwingungsrichtungen des Kompensators stets radial und tangential zur Platte orientiert wären, in einem Kreis um den Mittelpunkt bzw. im Mittelpunkt der Platte selbst die Kompensatorverschiebung stets die gleiche sein.

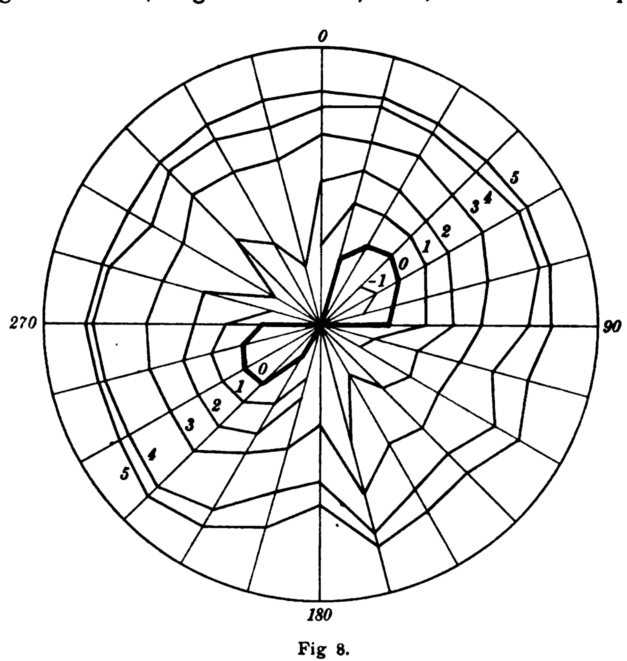


Fig 8.

Es wurden nun die Differenzen $n_0 - n_e$ längs verschiedener Radien bestimmt, und zwar so, daß bei jeder Messung der Durchmesser der Platte mit der Einfallsebene der Prismenkombination, also mit einer Hauptschwingungsrichtung des Kompensators, zusammenfielen. Bei der Platte, deren Spannungsverteilung bereits in anderer Weise in Fig. 7 dargestellt wurde, ergab sich nun hierbei das in Fig. 8 dargestellte Bild: Wie daraus hervorgeht, läßt sich zwar durch diese Messungen die Verteilung der Spannung gut darstellen, es läßt sich aber schwer ein Vergleich der mittleren Doppelbrechung zweier verschiedener Platten hieraus ableiten. Ferner folgt, daß bei Drehung der Platte um ihren Mittelpunkt die Einstellungen nicht konstant bleiben.

Bei Drehung der Platte um 180° kehren im Mittelpunkte die gleichen Einstellungen wieder, während bei Drehung um 90° gleiche, aber entgegengesetzte Werte der Kompensatorverschiebungen auftreten.

Die Azimute der Platte, für die im Mittelpunkte die größten positiven bzw. negativen Kompensatoreinstellungen sich ergaben, wurden nun als Hauptrichtungen gewählt, und die Spannungen als Funktion der Entfernung von der Mitte der Platte aufgetragen, und zwar in Fig. 9 für eine Platte in gewöhnlicher Feinkühlung, in Fig. 10 für eine Platte, welche besonders gut gekühlt war.

Als Abszissen sind dabei die Entfernungen der gemessenen Punkte von der Mitte der Platte, als Ordinaten die Kompensatorablesungen aufgetragen, aus welchen sich durch die Gleichung

$$\Delta n = n_0 - n_e = \frac{K \cdot \lambda}{D} \qquad 1)$$

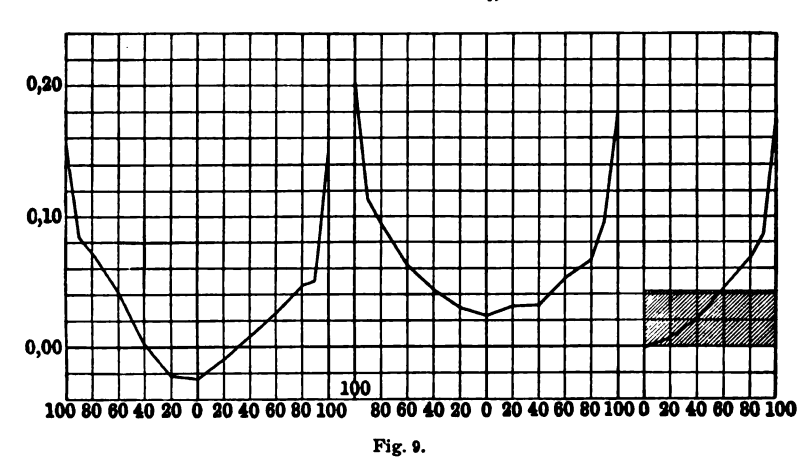


Fig. 9.

die Differenz $n_0 - n_e$ ergibt, wobei D die Dicke der Platte in *mm*, λ die Wellenlänge und K die reduzierte Kompensatorablesung ist. Für letztere ergab sich die Beziehung

$$1 \text{ Wellenlänge } (\lambda = 546{,}1\ \mu\mu) = 6{,}727\ mm \pm 0{,}005 \text{ Verschiebung des Kompensators,} \qquad 2)$$

so daß bei 1 *mm* Dicke und einer Einstellungsgenauigkeit von $\pm 0{,}003$ des Kompensators eine Doppelbrechung von

$$n_0 - n_e = 0{,}0000002$$

nach dieser Methode noch sicher nachweisbar war. Bei dickeren Schichten sind entsprechend geringere Grade von Doppelbrechung noch erkennbar.

Aus den Fig. 9 und 10 geht hervor, was bereits auch schon erfahrungsmäßig auf Grund der Spannungsfiguren zwischen gekreuzten Nicols festgestellt war, daß bei

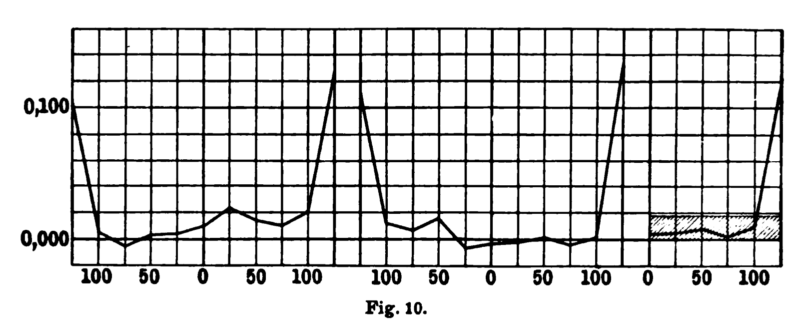


Fig. 10.

sehr geringer Doppelbrechung ein regelmäßiger Anstieg derselben von der Mitte zum Rande nicht mehr eintritt. Bei der Platte 5312 (Fig. 10) ist der mittlere Teil von 200 *mm* Durchmesser als praktisch spannungsfrei zu bezeichnen, nur am Rande tritt meßbare Spannung auf.

Wenn nun auch die Kurven einen Überblick über die Stärke der Doppelbrechung geben, so ist doch durch sie unmittelbar noch kein vergleichbares Maß gegeben. Um aus diesen Beobachtungen *eine* charakteristische Zahl abzuleiten, bin ich in der Weise vorgegangen, daß ich zunächst aus den zwei Kurven die mittlere

Spannungsverteilung für einen Radius rechnerisch ermittelte. Diese ist durch die dritte Kurve der Fig. 9 bzw. 10 dargestellt. Ist nun die zum Flächenelement df_ν beziehungsweise zum Längenelement dr_ν gehörige Spannung S_ν, so läßt sich wiederum aus dieser letzten Kurve ein theoretischer Mittelwert S_0 der Spannung berechnen nach der Gleichung

$$S_0 = \frac{\int S_\nu \, df_\nu}{\int df_\nu} \quad \text{bzw.} \quad S_0 = \frac{\int S_\nu \, dr_\nu}{\int dr_\nu}. \qquad 3)$$

Für die Platten 5672 bzw. 5312 ist $S_0 = 0{,}042$ bzw. $0{,}017$; daraus folgt, wenn man Gleichung 1) und 2) kombiniert

$$n_0 - n_e = \frac{S_0 \cdot 0{,}000546}{6{,}727 \cdot D}$$

und für 5672 $\quad n_0 - n_e = 0{,}0000010$,

für 5312 $\quad n_0 - n_e = 0{,}00000035$,

so daß die *mittlere theoretische Doppelbrechung* der ersten Platte etwa 3mal stärker ist als die der Platte 5312.

Um nun den Einfluß des Kühlprozesses auf die Doppelbrechung experimentell festzustellen, wurde eine Reihe von Glasstäbchen mit quadratischem Querschnitt von den Abmessungen $4 \times 4 \times 24$ *mm* von Herrn Dr. Zschimmer vom Glaswerk Schott u. Gen. in der Weise vorbereitet, daß diese Stäbchen bei einer Temperatur τ so lange erwärmt wurden, bis sie völlig spannungsfrei waren, d. h. bis sie zwischen gekreuzten Nicols völlig schwarz erschienen. Sodann wurden die Stäbchen aus dem Temperierofen ausgestoßen und in einem Raum von der Temperatur 20° gebracht, wo sie zwecks schnellerer Abkühlung kräftig geschüttelt wurden. Die dadurch erzeugte Doppelbrechung war um so größer, je größer der Temperatursturz war, und zwar war für verschiedene Gläser ein merklich verschiedenes Verhalten zu konstatieren. Während beispielsweise die Gläser 2122, 2994, 2071, wenn sie bei ca. 550° spannungsfrei waren, bei schneller Abkühlung von dieser Temperatur bis 20° nur geringe Spannung annahmen, zeigten die Gläser 340, 378, 118 usw. gemäß ihrer leichteren Schmelzbarkeit noch bei Abkühlung von 400° auf 20° eine sehr starke Doppelbrechung.

Um nun auch für diese Stäbchen einen eindeutigen Wert der Doppelbrechung zu erhalten, war es nicht möglich, auf gleiche Weise vorzugehen, wie bei den größeren Scheiben, weil infolge der kleinen Abmessungen die Blenden hätten zu klein gewählt werden müssen. Es ergab sich jedoch, daß man hier mit Vorteil die oben beschriebene Methode benutzen konnte, um direkt durch Messung empirische Doppelbrechungswerte zu erhalten. Setzte man die Stäbchen in eine Rinne ein, vor der eine Blende von 1×1 *mm* befestigt war, so daß die äußerste Schicht der Stäbchen, welche vielfach von kleinen Rissen durchsetzt war, abgeblendet wurde, so ergab sich bei der Messung ein nach Vorversuchen an größeren Würfeln gut mit dem vorher definierten theoretischen Mittelwert der Doppelbrechung übereinstimmender Wert. Um etwaige zufällige Verteilungsfehler auszuschalten, wurde an allen vier Ecken der Stäbchen gemessen. Es ergaben sich dabei Werte der Doppelbrechung, die für zwei Gläser in Fig. 11 und in Fig. 1 in ihrer Abhängigkeit von der Härtungstemperatur dargestellt worden sind. Zum Vergleich sind die Spannungsbilder der Versuchsstücke gegeben.

Wie aus theoretischen Erwägungen folgt, ist die Abhängigkeit der erzeugten Doppelbrechung Δ_n von der Härtungstemperatur τ näherungsweise durch die Beziehung

$$\left\{\Delta_n - (\Delta_n)_0\right\}(\tau_0 - \tau) = c \tag{4}$$

gegeben, wobei $(\Delta_n)_0$, τ_0, und c Konstante sind.

Diese Beziehung gilt, solange die Relaxationszeit so groß ist, daß die Zeit der Abkühlung ihr gegenüber zu vernachlässigen ist, solange also die Härtungstemperatur noch hinreichend weit von der Erweichungstemperatur des betreffenden Glases entfernt ist. Wie gut die Übereinstimmung der Messungen mit der Formel ist, geht aus Fig. 12 hervor, in der die durch Kreise markierten Punkte die gemessenen Werte für 0.118 bezeichnen, während die ausgezogene Kurve durch Formel 4) dargestellt wird. Die konstanten $(\Delta_n)_0$, τ_0 und c sind aus den gemessenen Werten mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Dabei wurde, um den Gültigkeitsbereich der Formel 4) zu ermitteln, in folgender Weise vorgegangen:

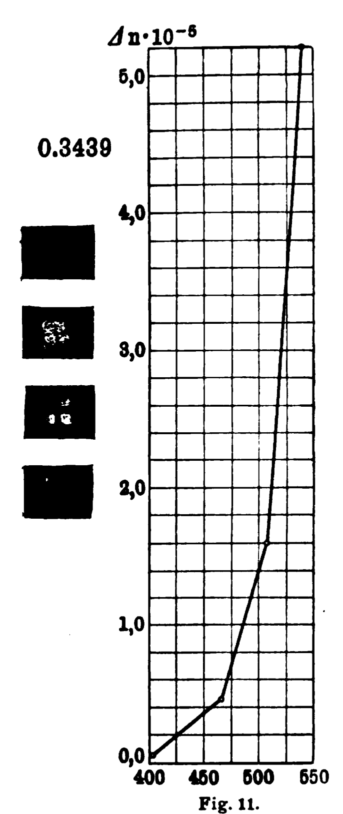


Fig. 11.

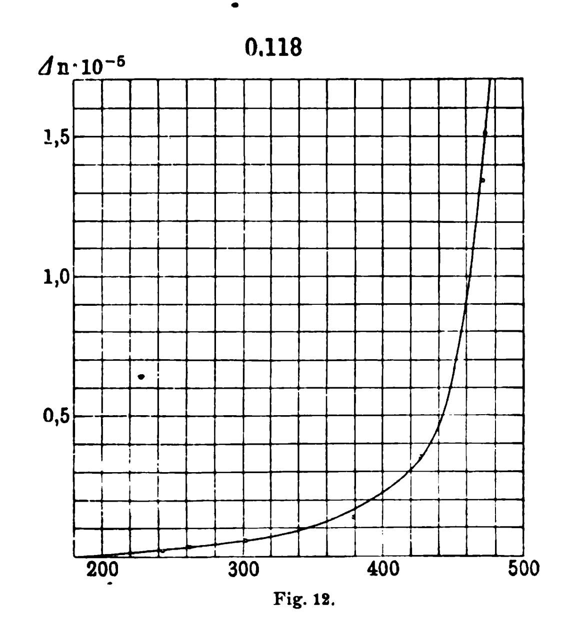


Fig. 12.

Die Messungen für 0,118 ergaben:

Nummer des Versuchsstückes	Härtungs-temperatur τ	$\Delta n \cdot 10^6$ für die vier Ecken				$\Delta n \cdot 10^6$ (Mittel)
28	511,8°	24,5	24,4	24,1	24,1	24,3
29 b	473,0°	15,1	15,1	15,1	14,8	15,0
29 a	472,0°	13,0	12,8	13,5	13,6	13,2
30	427,0°	3,44	3,48	3,53	3,63	3,51
31	379,0°	1,37	1,34	1,32	1,31	1,34
66	301,4°	0,51	0,57	0,52	0,52	0,53
68	261,6°	0,31	0,34	0,38	0,31	0,34
67	243,4°	0,23	0,18	0,25	0,22	0,22

Es wurden zunächst zur Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate sämtliche 8 Werte benutzt. Dann wurde der Wert für Versuchsstück 28 fortgelassen,

für welchen der Einfluß der Relaxationszeit besonders stark auftreten müßte, und mit den übrigen 7 Werten die Konstanten ermittelt. In dieser Weise fortfahrend, erhält man

Für die Versuchsstücke	τ_0	$(\Delta n)_0 \cdot 10^6$	$c \cdot 10^3$
28 — 67	528,2°	— 2,33	0,687
29b — 67	490,4°	— 0,69	0,248
29a — 67	489,6°	— 0,80	0,253
30 — 67	464,3°	— 0,41	0,154

Wie hieraus ersichtlich, weichen die Werte der Konstanten, die unter Benutzung sämtlicher Beobachtungswerte errechnet sind, merklich von den übrigen ab, d. h. es ist in der Tat für die Temperatur 511,8° schon eine merkliche Erweichung, also eine Relaxationszeit anzunehmen, der gegenüber die Kühldauer nicht mehr unendlich klein ist. Dieses Resultat findet seine Bestätigung in der durch praktische Versuche für dieses Glas ermittelten Kühltemperatur, welche zu 490° bestimmt wurde.

Auf die Bedeutung der Konstanten $(\Delta n)_0$, τ_0 und c ist bereits an anderer Stelle eingegangen[1]).

Es sei hier nur die Tabelle der aus den bisherigen Messungen ermittelten Konstanten gegeben, die naturgemäß bis auf τ_0 noch von der Form des Versuchsstückes abhängig sind. Gleichzeitig ist der Brechungsindex der einzelnen untersuchten Schmelzen gegeben.

Typ	Schmelze	τ_0	$(\Delta n)_0 \cdot 10^6$	$c \cdot 10^5$	n	Typ	Schmelze	τ_0	$(\Delta n)_0 \cdot 10^6$	$c \cdot 10^5$	n
O. 2994	5770	680,9	— 0,134	7,84	1,6129	O. 463	6586	640,3	— 4,00	54,0	1,5652
O. 3453	5903	511,3	— 0,275	5,88	1,5184	O. 578	6015	611,1	— 3,06	57,6	1,5827
O. 118	6280	490,0	— 0,750	25,1	1,6133	O. 3269	5597	567,5	— 2,81	57,3	1,6581
O. 3832	6293	565,0	— 0,414	8,46	1,5166	O. 748	6427	595,4	— 8,85	136,4	1,6249
O. 3439	5591	536,4	— 0,402	49,8	1,5260	O. 211	5788	639,1	— 1,99	32,6	1,5732
O. 2122	5847	681,2	— 1,22	15,8	1,5902	1447 III	6367	615,8	— 9,03	114,1	1,5088
O. 3199	4668	548,2	— 0,077	11,5	1,5046	O. 802	5168	647,5	— 8,28	112,1	1,4983
O. 203	6335	647,3	— 9,32	178,2	1,5185	UV. 3248	6224	607,4	— 5,36	80,1	1,5340
O. 340	5476	499,0	— 1,29	26,8	1,5777	S. 367	S. 433	530,2	— 1,81	18,2	1,5193
O. 102	6209	551,2	— 6,79	125,2	1,6496	S. 386	S. 350	526,4	+ 22,7	— 263,8	1,8997
O. 2071	5930	735,2	— 10,2	154,8	1,6122	S. 389	S. 389	498,7	— 3,74	39,3	1,5686
O. 722	6255	642,1	— 2,12	46,9	1,5805						

Die in dieser Tabelle gegebenen Zahlen sind als vorläufige Resultate zu betrachten. Während der Fehler der Werte τ_0 durchschnittlich $\pm 5^0$ betragen dürfte, also etwa ein Fehler von 1 % möglich ist, sind die Werte $(\Delta n)_0$ und c mit etwas größerem Fehler behaftet.

Die Werte für S. 386 sind jedoch noch nicht zahlreich genug, um den Einfluß der Relaxationszeit auf die Konstanten völlig ausschalten zu können. Einige Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß der Wert der Erweichungstemperatur τ_0 für dieses Glas bedeutend tiefer liegt, als oben angegeben, und zwar wäre dieser Wert bei etwa 470° zu suchen. Jedenfalls zeigt sich, daß oberhalb einer Härtungstemperatur von 480° die erzeugte Spannung nahezu konstant bleibt, und zwar hat die Spannung hier einen verhältnismäßig kleinen Wert, nämlich etwa $^2/_3$ Wellenlänge Gangunterschied auf 23 *mm* Glasweg. Dies bedeutet, daß dieses Glas auch bei

[1]) *Physikal. Zeitschr.* **13.** *S. 1017. 1912.*

schlechter Kühlung nie allzu starke Spannungen annehmen kann, während z. B. das folgende Glas, S. 389, bei gleichem Temperatursturz etwa $4^1/_2$ Wellenlängen Gangunterschied auf dem gleichen Glasweg zeigt. Zu den Gläsern, welche gleiches Verhalten in bezug auf Kühlung zeigen wie S. 386, gehören die Typen O. 340, O. 378, O. 102, O. 198 und O. 463. Alle diese werden ohne besondere Schwierigkeiten technisch spannungsfrei herstellbar sein, dagegen sind die Gläser, welche wie S. 389 beim Härten sehr starke Spannungen aufweisen, nur mit aller Vorsicht spannungsfrei zu erhalten. Hierzu gehören die Typen S. 367, UV. 3248 und besonders O. 2071, welch letztere nach persönlicher Mitteilung von Herrn Dr. Zschimmer besonders schwer spannungsfrei herzustellen ist. Ein mittleres Verhalten zeigen O. 802, O. 2122, O. 203, O. 3369, O. 211 und 1447^{III}.

Es erübrigt nur noch, auf ein besonderes Verhalten des Glases S. 386 kurz einzugehen. Bei ihm haben die Größen $(\Delta n)_0$ und c entgegengesetztes Vorzeichen wie bei den andern Gläsern. Dies besagt, daß das Deformationsellipsoid andere Form hat als bei den übrigen Gläsern. Es zeigt sich hier dasselbe Verhalten bei der durch den Härteprozeß bedingten Doppelbrechung, wie es Pockels bei der durch mechanische Ursachen hervorgerufenen Doppelbrechung fand. Während die Mehrzahl der Gläser bei Druckspannung negative Doppelbrechung zeigt, ergibt ein schweres Flintglas positive Doppelbrechung. Es ist dies um so bemerkenswerter, als bisher positive Doppelbrechung bei Kompression fester Körper nur ausnahmsweise bei Flußspat und Sylvin in gewissen Druckrichtungen beobachtet wurde.

Es muß somit für die thermische Doppelbrechung der gleiche Schluß gelten, wie ihn Pockels für die mechanische Doppelbrechung zieht, daß nämlich ein Glas existieren muß, welches bei beliebiger Temperaturänderung für *eine* Wellenlänge keine Doppelbrechung zeigt. Herr Dr. Zschimmer, der, wie bereits erwähnt, die bisherigen Versuchsstücke im Jenaer Glaswerk hergestellt hat, will den Versuch machen, auch dieses Glas herzustellen.

Mit Hilfe des oben beschriebenen Apparates ist es also einerseits möglich, die Verteilung der Doppelbrechung im optischen Glase und ihren Einfluß auf die Abbildung durch optische Systeme zu untersuchen, andererseits lassen sich eindeutige empirische Werte für die mittlere Doppelbrechung kleiner Stäbchen gewinnen, aus denen dann Schlüsse gezogen werden können, in welcher Weise das Kühlverfahren gestaltet werden muß, um möglichst spannungsfreie Gläser zu gewinnen.

Nivellierinstrument mit veränderlicher Libellenangabe nach v. Lenzi-Wanschaff.

(D. R. P. a.)

Von

H. Wanschaff[1]) in Berlin.

Nach Ideen des Herrn Dipl. Ing. A. v. Lenzi, St. Petersburg, habe ich vor einiger Zeit ein Nivellierinstrument konstruiert, dessen Prinzipien und Konstruktion die folgenden Zeilen erläutern sollen.

---

[1]) Die von Herrn H. Wanschaff (H. Wanschaff, Werkstätten für wissenschaftliche Instrumente, Berlin S. 26) eingesandte Übersetzung des russischen Originals habe ich auf Wunsch der Redaktion gerne überarbeitet (und zum Teil ziemlich verändert); man wird der Idee und der Aus-

1. Wenn die Ziellinie eines Nivellierinstruments N nicht genau horizontal liegt, so entstehen Lattenablesefehler Δx, vgl. Fig. 1.

Dieser Fehler der Ablesung kann berechnet werden, wenn der Horizontierungsfehler in Libellenteilen, die Libellenempfindlichkeit und der Abstand der Latte vom Instrument bekannt sind; er ist bei konstanter Libellenempfindlichkeit vom Libellenausschlag und vom Lattenabstand bei jeder Ablesung abhängig, dem ersten wie dem zweiten direkt proportional. Es ist, wenn a'' die Empfindlichkeit der Libelle und n den Ausschlag der Libellenblase in Teilen der Libellenskale bedeuten, ohne Rücksicht auf das Vorzeichen,

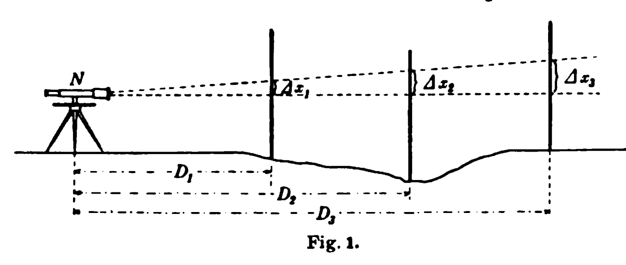


Fig. 1.

$$\Delta x = \frac{n \cdot a''}{\varrho''} \cdot D\,. \qquad 1)$$

Könnte man dagegen den Libellenteilwert (die Empfindlichkeit) der Libelle derart *veränderlich* machen, daß $a \,.\, D$ eine konstante Zahl wird, und würde sich die dazu notwendige Veränderung von a mit der Veränderung von D selbsttätig herstellen, so brauchte für die einzelnen Ablesungen D nicht bekannt zu sein und Δx wäre nur von n abhängig. Es sind zu diesem Zweck zwei Aufgaben zu lösen:

1) die Libellenempfindlichkeit überhaupt variabel zu machen,

2) diese Veränderung selbsttätig vor sich gehen zu lassen,

derart, daß das Produkt aus jeweiliger Teilwertzahl und Lattenentfernung konstant bleibt.

2. Die Empfindlichkeit (der Teilwert) einer Libelle ist abhängig vom Intervall t der Teilstriche der Längenteilung auf der Libellenröhre, gewöhnlich eine Par. Linie (2,256 *mm*), aber auch irgendeine andere Einheit (2 *mm*, 2,5 *mm*), und ferner vom Ausschleifungs-Halbmesser R der Libelle; es ist

$$a'' = \frac{t}{R} \cdot \varrho'' \qquad 2)$$

und man kann demnach a vergrößern oder verkleinern durch

$$\left.\begin{matrix}\text{Vergrößerung}\\ \text{Verkleinerung}\end{matrix}\right\}\text{ von } t \text{ oder durch } \left.\begin{matrix}\text{Verkleinerung}\\ \text{Vergrößerung}\end{matrix}\right\}\text{ von } R.$$

Diese beiden Wege würden also für die Lösung der *ersten* der zwei oben genannten Aufgaben zu Gebot stehen; praktisch wird nur der erste Weg gangbar sein.

Wenn wir das Glasgefäß der Libelle, auf dem sich keine Längenteilung, sondern nur eine Längslinie befindet, mit einer zweiten Glasröhre umgeben, die um die Achse der Libelle rotieren kann und auf deren Mantel eine größere Zahl von schraubenförmigen Linien derart hergestellt ist, daß diese noch näher zu bestimmenden Linien von einem und demselben Punkt symmetrisch nach beiden Seiten hin ausgehen, und

führung dieses Instruments zum Nivellieren mit nicht genau horizontaler Ziellinie (ohne daß doch die Lattenentfernung zu messen wäre) Interesse jedenfalls nicht absprechen können, wenn ich auch nicht glaube, daß es eine erhebliche Verbreitung erlangen wird. Erwünscht wäre, wie immer, daß hier sogleich die Ergebnisse von *Versuchsmessungen* unter den in der Praxis gebotenen Bedingungen mit veröffentlicht werden könnten. Auf verschiedene Bedenken in Beziehung auf die dauernde Erhaltung der Konstanten kann ich hier nicht eingehen. *Hammer.*

daß die zweite, dritte .... „Schraubenlinie“ die doppelte, dreifache .... Ganghöhe der ersten hat, so stellen die Schnittpunkte dieser Linien mit der Längslinie des Libellenglases auf dieser Grundlinie eine gleichförmige Einteilung her, deren Teil t von dem Rotationswinkel des Umhüllungsrohres abhängt. Wenn z. B. bei einer bestimmten Lage des rotierenden Hüllrohrs die Ablesung auf der Skale 2,0 Teile wäre (Fig. 2), so kann sie bei unveränderter Stellung der Blase, also bei unveränderter Neigung der Libelle, aber anderer Lage des rotierenden Hüllrohrs, 1,0 sein (Fig. 3), wobei die zwei Lagen der Längslinie der Libelle gegen die abgewickelt gedachten „Schraubenlinien“ des Hüllrohrs in der folgenden Fig. 4 angedeutet sind.

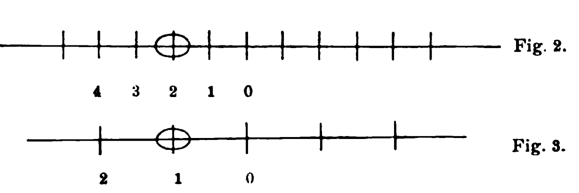


Fig. 2.

Fig. 3.

Dabei ist zu bemerken, daß die Stellung der Libellenblase hier nicht wie üblich durch Ablesung der beiden Blasenenden, sondern durch Ablesung der Mitte der nur etwa 6 *mm* langen Blase erhalten wird. Da eine 5″-Libelle gewählt ist, so ist auch bei der vorausgesetzten kleinen Blasenlänge die Angabe der Libelle noch genügend sicher.

Die erste Aufgabe, Variabilität der Libellenteilwerte, ist nach dem Vorstehenden gelöst.

3. Die zweite Aufgabe, die Veränderlichkeit der Libellenempfindlichkeit in selbstwirkenden Zusammenhang mit der Entfernung des Instruments von der Latte zu bringen, muß die mit dieser Lattendistanz zu verändernde Länge des Fernrohrs (Abstand zwischen Objektiv und Okular) benützen, d. h. mit Hilfe der Okularauszugsbewegung bei der Herstellung des besten Lattenbildes gelöst werden: die Bewegung des Okularauszugs durch die Handscheibe des in die Zahnstange greifenden Triebes muß die Rotation des Umhüllungsrohrs bis zu der augenblicklich erforderlichen Lage besorgen. Diese Einrichtung kann offenbar durch zwei konische Zahnräder hergestellt werden. Es handelt sich nur darum, die Linien des Umhüllungsrohres so aufzutragen (einzuätzen), daß der Forderung genügt wird, $(a \,.\, D)$ in Gleichung 1) konstant zu halten, und die Abmessungen so zu wählen, daß die Zahl n der an der variabeln Libellenteilung abgelesenen Teile sogleich den Betrag in *mm* gibt, der zur unmittelbaren Ablesung positiv oder negativ hinzuzufügen ist. Ist z. B. bei einer bestimmten Aufstellung der Latte in *geringer* Entfernung vom Instrument der Okularauszug weit herausgeschraubt worden (Fernrohrlänge groß), so haben bei dieser Bewegung der Okularröhre die Kegelräder das Libellenumhüllungsrohr in der Richtung des Pfeils (Fig. 4) gedreht, die Libellenintervalle sind *grofs* geworden, und man liest bei *derselben* Neigung der Libellenachse eine *kleinere* Zahl von Intervallen an der Libellenteilung ab als zuvor bei *gröfserer* Entfernung der Latte. Diese Zahl von Intervallen muß, positiv oder negativ, je nach der Richtung des Ausschlags, addiert zur unmittelbaren Lattenablesung, die berichtigte Lattenablesung geben.

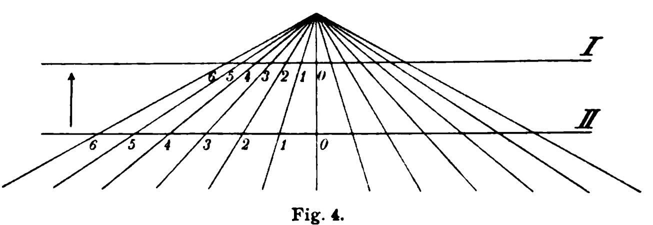


Fig. 4.
I und II bezeichnen die erste und zweite Lage der Libellen-Längslinie gegen das Liniensystem des Hüllrohres.

Bei unendlich weit entfernt gedachter Latte entsteht ihr Bild im Brennpunkt des Objektivs, und wir wollen die entsprechende Stellung des Okularauszugs (Fern-

rohrlänge) mit Nullstellung bezeichnen. Bei endlicher Entfernung der Latte muß der Okularauszug um den Abstand zwischen dem Ort des Lattenbildes und dem Objektivbrennpunkt herausgezogen werden. Diese Auszugsstrecke d zwischen augenblicklichem Lattenbild und Fadenebene, von deren Nullstellung aus gerechnet, ist, wenn F die Objektivbrennweite und D den Lattenabstand vom vorderen Objektivbrennpunkt bezeichnen (vgl. Fig. 5),

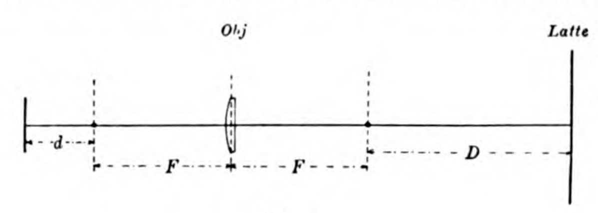


Fig. 5.

$$d = \frac{F^2}{D}. \tag{3}$$

An Stelle der Distanz D der Latte vom vorderen Brennpunkt aus wollen wir übrigens die Lattenentfernung D_e von der vertikalen Umdrehungsachse des Instruments (Instrumentenmitte) aus einführen, weil selbstverständlich auch die Nullstelle (Nullinie) des Libellen-Hüllrohrs der Instrumentenmitte entspricht. Ist M die konstante Strecke zwischen Objektiv und Instrumentenmitte, so ist, wenn, wie gesagt, D_e die Entfernung der Latte von der Mitte des Instruments bedeutet,

$$D_e = D + M + F,$$

also

$$d = \frac{F^2}{D} = \frac{F^2}{D_e - (M + F)}. \tag{4}$$

Nehmen wir den äußern Durchmesser des Umhüllungsrohrs gleich 20 *mm* und das Zahnradverhältnis zu 1 : 2 (zwei Kegelräder mit wirksamen Durchmessern von 25 und 12,5 *mm*), ist endlich der wirksame Durchmesser des Okulartriebs 15 *mm*, so gilt folgende Gleichung:

$$\text{Länge } y = d \cdot \frac{20}{15} \cdot 2 = \frac{F^2}{D_e - (M + F)} \cdot \frac{20}{15} \cdot 2, \tag{5}$$

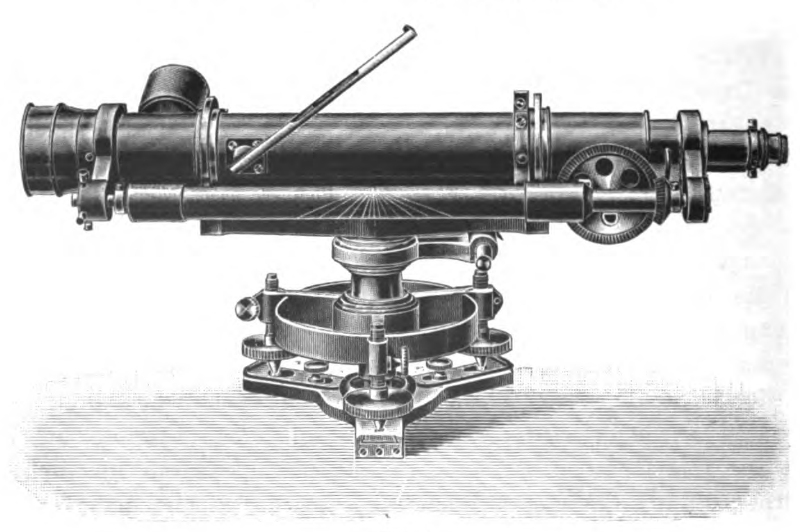


Fig. 6.

d. h., es ist, bei bekannten F und M, y in Funktion von D_e ausgedrückt. Um jede einzelne der zu beiden Seiten der Null- oder Mittellinie der Umhüllungsröhre zu ätzenden Kurven zu bestimmen, benützen wir als Abszissen die Bogenlängen y, die gemäß der vorstehenden Gleichung 5) zu berechnen sind; die zu diesen y gehören

und noch zu ermittelnden x sind die jeweiligen Längen der Libelleneinteilung, die bestimmten Lattenentfernungen D_e entsprechen.

4. Bei dem ersten ausgeführten Instrument, wie es die beigegebene Fig. 6 darstellt, ist eine 5,10″-Libelle gewählt worden, d. h. eine Libelle, deren Neigung um 5,10″ geändert werden muß, damit sich ihre Blase um eine Pariser Linie (2,256 *mm*) verschiebt. Bei der Lattenentfernung 160,05 *m* — diese Entfernung wird zunächst gewählt, weil sie gleich der bei russischen Nivellierungen oft vorkommenden Zielweite von 75 *Saschen* ist — entspricht dem Ausschlag der Libellenblase um einen Teil der Pariser Linienteilung ein Lattenablesungsfehler von

$$\frac{5,10}{206265} \cdot 160,05\ m = 3,96\ mm;$$

umgekehrt gibt eine Differenz der Lattenablesung von $^1/_{1000}$ *Saschen* (= 2,134 *mm*; 1 *Saschen* = 2,134 *m*)

$$\frac{2,134}{3,96} \cdot 2,256 = 1,216\ mm$$

Verschiebung der Libellenblase bei 160,05 *m* Lattenentfernung, und bei jeder anderen Lattenentfernung D_e in Metern wird

$$x = 1,216 \cdot \frac{160,05}{D_e}\ mm. \qquad 6)$$

Wir können nun also die Koordinaten von Punkten unserer Hüllrohrlinien berechnen nach den Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} x &= 1,216 \cdot \frac{160,05}{D_e} \\ y &= \frac{F^2}{D_e - (M+F)} \cdot \frac{20}{15} \cdot 2. \end{aligned}\right\} \qquad 7)$$

Dies gibt, bei y mit $F = 400\ mm$, für eine Anzahl von D_e die folgende Tabelle, in der die (x, y) in Millimetern angeschrieben und auf 0,1 *mm* abgerundet sind:

D_e *m*	x *mm*	$D_e - (M+F)$	y *mm*
160,05	1,2	159,45	2,7
100,00	1,9	99,40	4,3
50,00	3,9	49.40	8,6
30,00	6,5	29,40	14,5
20,00	9,7	19,40	22.0
15,00	12,9	14,40	29,6
12,00	16,2	11,40	37,4
10,00	19,5	9,40	45.4
8,00	24,3	7,40	57,6
7,39	26,3	6,79	62,8
6,00	32,4	5,40	79,0
5,00	38,9	4.40	96,9
4,00	48,6	3,40	125,4

5. Was die *Fehler* angeht, so sind wichtig der eigentliche Lattenablesefehler (Schätzungsfehler an der Lattenskale) und der Libellenablesungsfehler, der hier sogleich ebenfalls *mm* auf der Latte vorstellt. Bezeichnen wir den mittlern Fehler der ersten Art mit $\pm m_1$, den der zweiten mit $\pm m_2$, und sehen wir von andern Fehlern ab, so ist der mittlere Gesamtfehler einer Lattenablesung

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}. \qquad 8)$$

Den mittlern Lattenablesefehler im engern Sinn m_1 wollen wir bei 40facher Vergrößerung des Fernrohrs und 160 *m* Zielweite zu ± 0,6 *mm* annehmen. Der Libellenablesungsfehler ist hier nicht nur von der Wandstärke des Libellenglases, sondern auch von der des Umhüllungsrohrs abhängig; ferner ist der Schätzungsfehler der Stellung der Libellenblasenmitte jedenfalls erheblich größer als der Ablesungsfehler für das Libellenblasenende, und abhängig von der Zielweite, nämlich von der Entfernung der Individuen der Linienschar auf dem Hüllrohr. Nehmen wir den Betrag in *mm* Ablesung auf der Latte, der dem mittleren Schätzungsfehler der Stellung der Libellenblasenmitte entspricht, gleichfalls bei 160 *m* Zielweite zu ± 0,8 *mm* an, so wäre also gemäß 8) der gesamte mittlere Fehler einer Lattenablesung

$$m = \sqrt{0{,}6^2 + 0{,}8^2} \quad \text{oder} \quad \pm 1{,}0 \ mm$$

und man hätte beim Nivellieren mit 160 *m* Zielweite mit einem mittleren Einkilometerfehler von rund $2^1/_2$ *mm* zu rechnen.

6. Bei den bisherigen Nivellierverfahren war entweder genaue Horizontallegung der Ziellinie notwendig, bei feineren Instrumenten meist durch eine Kippschraube, vertikal (wie bei Fennel u. a.) oder horizontal (wie bei Zeiss-Wild) angreifend, oder man mußte nach direkter oder indirekter (Distanzfadenablesung) Bestimmung des Lattenabstands den Stand der Libelle durch Ablesung ihrer beiden Blasenenden feststellen (Nivellieren mit Libellenausschlägen, vor allem Methode von Seibt mit dem Breithauptschen Instrument). Das eine wie das andere ist bei dem hier beschriebenen Nivellier überflüssig; man braucht nur an einer mit der Zielweite selbsttätig sich verändernden Skale den Stand der Libellenblasenmitte abzulesen und diese Anzahl von Intervallen, die *mm* an der Latte vorstellen, mit richtigem Vorzeichen zu der unmittelbaren Lattenablesung hinzuzunehmen (+ oder —, je nachdem die Libellenblase nach rechts oder nach links hin ausschlägt). Der Hauptvorzug der neuen Einrichtung ist der einer *bedeutenden Steigerung der Schnelligkeit des Nivellierens*, wenn nicht die äußerste Schärfe der Ablesegenauigkeit auf der Latte und der Genauigkeit des Einspielens oder der Blasenendenablesung der Libelle ausgenützt werden soll, wie bei andern Nivellierverfahren. Die Ablesung der Stellung der Libellenblase geschieht, wie schon mehrfach erwähnt, nicht an den beiden Blasenenden, sondern durch Notieren der Stellung der *Mitte* der Blase. Die Blase muß dazu allerdings kurz gehalten werden, 3 bis höchstens 8 *mm* lang, was bei einer Kammerlibelle ja leicht zu erreichen ist. Bemerkenswert ist, daß das rotierende Überrohr zugleich als willkommenes Schutzrohr der Libelle gegen rasche Wirkung der Temperatureinflüsse dient.

Vorgenommene Versuchsmessungen haben bestätigt, daß bei 160 *m* Zielweite ein mittlerer Gesamtablesungsfehler an der Latte (eigentlicher Lattenablesefehler und Libellenfehler zusammen) von rund ±2 *mm* eingehalten werden kann, so daß ein mittlerer Kilometerfehler von wenigen Millimetern leicht erreichbar ist, allen Anforderungen technischer Nivellements z. B. beim Eisenbahnbau entsprechend; dabei konnte aber die Tagesleistung bis auf 20 *km* gesteigert werden. Für Arbeiten in den Kolonien wird das Instrument also besonders wertvolle Dienste leisten können.

Eichung von radioaktiven Präparaten durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Durch Beschluß der internationalen Radium-Standard-Kommission vom März 1912 wurde ein von Frau Professor Curie hergestelltes Radiumpräparat von 21,99 *mg* reinen Radiumchlorids als internationaler Standard erklärt. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt, welche im Besitze eines mit dem internationalen Standard verglichenen sekundären Standards ist, wird bei Anträgen auf Gehaltsbestimmung von *Radium-* und *Mesothorpräparaten* die neue Einheit den Messungen zugrunde legen.

Die Methode, welche bei der Gehaltsbestimmung von Radiumpräparaten Anwendung findet, beruht auf der Messung der durchdringenden γ-Strahlung, welche von den Zerfallsprodukten des Radiums emittiert wird. Diese Methode ist aber nur dann anwendbar, wenn das Präparat mindestens sechs Wochen vor Prüfung in ein dünnwandiges Glasröhrchen oder Fläschchen eingeschlossen wurde, da erst nach dieser Zeit die Intensität der Strahlung einen konstanten, der vorhandenen Radiummenge proportionalen Wert erreicht.

Bei der Prüfung wird zunächst durch Vergleich mit dem Standard der Radiumgehalt des Präparates bestimmt. Nach Ablauf von acht bis zehn Tagen findet eine zweite Messung des Präparates statt, welche im wesentlichen den Zweck hat, die Konstanz der Strahlung des Präparates festzustellen. Stimmen beide Messungen innerhalb der Fehlergrenze der Versuche überein, so gilt die Untersuchung als beendet, und es wird ein Attest ausgestellt, in dem die Tage der Messungen, der Radiumgehalt und die Fehlergrenze der Versuche, die im allgemeinen 1% beträgt, angegeben werden. Die Ausstellung der Prüfungsscheine erfolgt jedoch stets mit dem Vorbehalt, daß das Präparat außer Radium keine Substanzen enthält, die durchdringende Strahlen aussenden. Von solchen Substanzen kommt vor allem Mesothor in Betracht, das sich chemisch analog dem Radium verhält und mit diesem aus thorhaltigen Uranerzen abgeschieden wird. Bei Anwesenheit von Mesothor bleibt die Strahlung nicht konstant, sondern nimmt nach Herstellung des Präparates zunächst während eines Zeitraums von mehr als zwei Jahren zu und fällt dann langsam wieder ab. Einfache Methoden zum Nachweis von Mesothor in Radiumpräparaten sind nicht bekannt.

Das bei Eichung von Radiumpräparaten geübte Verfahren findet entsprechende Anwendung bei der Gehaltsbestimmung von *Mesothorpräparaten,* indem die γ-Strahlung des Präparats in der beschriebenen Weise mit dem Radium-Standard verglichen wird. Die Anordnung wird dabei stets so getroffen, daß die γ-Strahlen vor Eintritt in das Meßgefäß eine Bleischicht von 5 *mm* Dicke zu durchsetzen haben. Ein solches einheitliches Verfahren ist nötig, da infolge der etwas verschiedenen Durchdringungsfähigkeit der γ-Strahlen des Radiums und Mesothors die Schichtdicke auf die Messungen von Einfluß ist. Das Prüfungsattest enthält die Angabe der Radiummenge, der das Mesothorpräparat zur Zeit der Messung an Intensität der γ-Strahlung äquivalent ist. Eine Angabe über die zu erwartende zeitliche Änderung der Aktivität ist nur dann möglich, wenn Radiumgehalt und Herstellungszeit des Präparats bekannt sind.

Bei Prüfung von *Quellwassern oder Salzen*, die in Wasser oder Säuren löslich sind, verfährt die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in der Weise, daß die Aktivität der Emanation, die aus der Lösung durch Kochen ausgetrieben wird, in einem

geeigneten Meßzylinder mit der Emanation einer in derselben Weise behandelten Radium-Normallösung verglichen wird. Auf Grund dieser Messungen wird der Emanationsgehalt der untersuchten Lösung in *Millicurie* angegeben. 1 *Millicurie* ist der tausendste Teil von einem *Curie*, d. h. von derjenigen Emanationsmenge, welche sich mit einem Gramm Radium im radioaktiven Gleichgewicht befindet. Die Meßgenauigkeit, die bei dieser Methode erreicht werden kann, beträgt etwa 5%. Auf Wunsch wird unter Verwendung des von H. Mache und St. Meyer ermittelten Reduktionsfaktors (1 *Millicurie* $= 2{,}7 \times 10^6$ *Mache-Einheiten*) der in *Millicurie* ausgedrückte Emanationsgehalt außerdem auch in *Mache-Einheiten* angegeben.

In allen Fällen, wo die Methode der Emanations- oder γ-Strahlenmessung nicht anwendbar ist, wie etwa bei *schwach aktiven* Mesothor- und Radiothorpräparaten, kann die Aktivität nur dadurch bestimmt werden, daß der von den Strahlen einer dünnen Schicht des Salzes erzeugte Ionisationsstrom gemessen wird. Die Angabe der Aktivität erfolgt in diesen Fällen in elektrostatischen Einheiten. Die erreichbare Meßgenauigkeit hängt wesentlich von der Beschaffenheit des Präparats ab. Eine Umrechnung auf *Mache-Einheiten* ist in diesen Fällen nicht angängig, worauf Herr Mache bereits selbst hingewiesen hat (Radium in Biol. u. Heilk. *1. S. 250. 1912*).

Die Prüfungsgebühr für die Messung eines Radiumpräparats nach der γ Strahlen-Methode beträgt 50 M.; bei Präparaten, deren Gehalt unter 1 *mg* metallischen Radiums liegt, ermäßigt sich die Gebühr auf 25 M. Diese Bestimmung findet sinngemäße Anwendung auf Mesothorpräparate. Die Gebühren für eine Messung nach der Emanationsmethode sind auf 50 M., die für eine Aktivitätsbestimmung durch Messung des von einer dünnen Schicht der Substanz erzeugten Ionisationsstroms auf 25 M. festgesetzt.

E. Warburg.

Referate.

Eine neue Methode zur Messung der Lichtgeschwindigkeit.

Von Ch. Féry. *Compt. rend.* ***155.*** *S. 823. 1912.*

Die neue Methode ist eine Abänderung der Fizeauschen, um die schwierige Messung der Winkelgeschwindigkeit des schnell gedrehten Zahnrades zu vermeiden. Mitgeteilt wird nur das Prinzip, ein Versuch ist nicht ausgeführt worden.

Durch den Spalt F (Fig. 1) fällt vermittels der Linse L und der planparallelen Glasplatte G das von der starken Lichtquelle S herrührende Licht auf den Konkavspiegel m, der an einem Arm einer Stimmgabel befestigt ist; m entwirft ein Bild des Spaltes F auf diesem selbst. Das divergierende Strahlenbündel durchsetzt sodann die Glasplatte P und wird durch

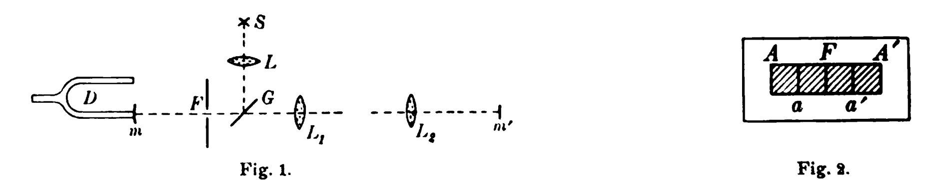


Fig. 1. Fig. 2.

die Linse L_1 parallel gemacht; im Brennpunkt der Linse L_2 befindet sich der Planspiegel m', so daß die Strahlen denselben Weg $m\,m'$ wieder zurücklaufen. Wird D in Schwingungen versetzt, so erscheint das Bild des Spaltes, das in der Ruhelage mit dem Spalt selbst zusammenfällt, zu einem breiten, an den Rändern sehr hellem Bande $A\,A'$ (Fig. 2) auseinandergezogen; außerdem sieht man in diesem Bande zwei schwächere Linien a und a', die von

dem zurückkehrenden Strahl herrührenden Spaltbilder. Jedesmal, wenn der Stimmgabelarm die Ruhelage passiert, wird ein Lichtstrahl durch den Spalt nach m' geworfen und reflektiert. In der Zeit t aber, die der Strahl für die Zurücklegung der doppelten Strecke $m\,m'$ braucht, hat sich der Arm der Stimmgabel ein Stück aus seiner Ruhelage entfernt, so daß der zurückkehrende Strahl nach oben oder unten geworfen wird.

Aus $\frac{a\,a'}{A\,A'} = \sin 2\pi\,\frac{t}{T}$, wo T die Dauer einer vollständigen Stimmgabelschwingung bedeutet, läßt sich t und somit die Lichtgeschwindigkeit berechnen. *L. J.*

Ein gedämpftes Galvanometer mit beweglichem Magneten.

Von Ch. Féry. *Ann. de Chim. et de Phys.* **28.** *S. 345. 1913.*

Bei den üblichen Typen der Galvanometer mit beweglicher Nadel umgibt die Spule beide Pole, so daß die innere Windung mindestens einen Durchmesser von der Magnetlänge haben muß. Dabei bleibt die Dämpfung durch induzierte Ströme sehr klein. Unterwirft man dagegen nur einen der Magnetpole der Spulenwirkung, so erhält man 1. eine Vergrößerung der elektromotorischen Gegenkraft, die durch die Bewegung des Poles hervorgerufen wird, und 2. eine beträchtliche Verringerung des Spulenwiderstandes. Bei geschlossener Spule wird man so genügend kräftige induzierte Ströme erhalten, um den aperiodischen Grenzfall verwirklichen zu können.

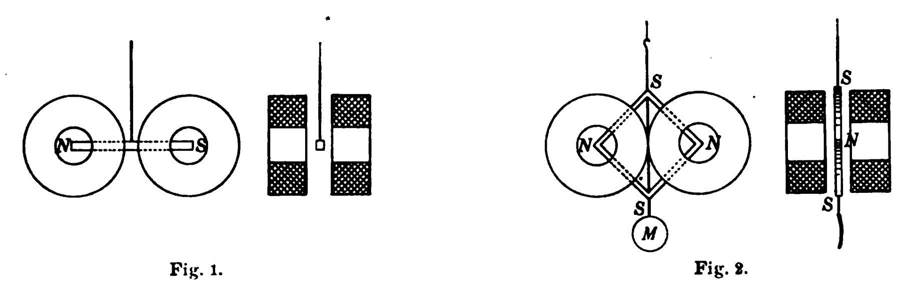


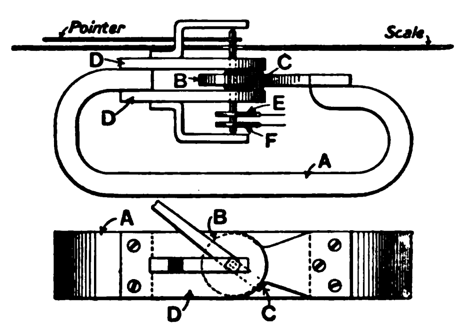
Fig. 1. Fig. 2.

In der praktischen Ausführung stellt man jeden Magnetpol zwischen zwei Paar flache Spulen (Fig. 1), die man genügend nähert, so daß sie wie ein Solenoid wirken. Bei einem astatischen System vereinigt man vier Stäbe zu einem Viereck, so daß sie mit ihren gleichnamigen Polen aneinanderstoßen (Fig. 2). Mit vier Spulen von 12 *mm* äußerem Durchmesser und 160 Windungen von 0,5 *mm* (Gesamtwiderstand 2 Ω) erhielt man nun eine Empfindlichkeit von $8 \cdot 10^{-10}$ Amp. (1 *mm* Ausschlag bei 1 *m* Abstand). Die Schwingungsdauer betrug 15 *sec.* — Mit Schutzpanzer und Quarzfäden wird sich das Instrument noch vervollkommnen lassen. *Berndt.*

Ein neues Gleichstrom-Instrument mit beweglicher Spule.

The Electrician **70.** *S. 671. 1913.*

Während man bei gewöhnlichen d'Arsonval-Instrumenten nicht über 90° Ausschlag hinausgehen kann, falls er proportional der Stromstärke bleiben soll, kann man bei dem neuen Amperemeter der *Record Electrical Instrument Company* proportionale Ausschläge bis 300° erhalten. Es wird dies dadurch erreicht, daß die Spule sich nicht um ihre geometrische Achse, sondern um eine in der einen Vertikalseite liegende Achse dreht, und daß ferner ihre Bewegung nicht durch den magnetischen Fluß durch die andere Vertikalseite, sondern durch den die beiden Horizontalseiten durchsetzenden hervorgerufen wird.



Den Aufbau des Instrumentes ersieht man aus der schematischen Figur. Der eine

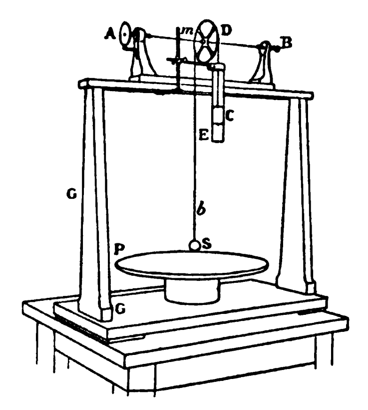
Pol des C-förmigen Magneten A trägt den Eisenkern B, der andere die ober- und unterhalb B befindlichen Polschuhe D. Die Spule C, welche B zur Hälfte umgibt, dreht sich um die den Kern durchsetzende vertikale Achse. Bei dieser Anordnung geht der ganze magnetische Fluß durch die horizontalen Spulenseiten. Der magnetische Widerstand ist sehr klein, da die beiden Luftschlitze gewissermaßen parallel geschaltet sind. Die beiden entgegengesetzt gewickelten Spiralfedern E und F bewirken die Stromzu- und -abführung. Wegen der gedrängten Spulenform ist auch der Ohmsche Widerstand sehr klein.

Der Vorteil des Instruments besteht in einer ca. dreifach größeren Genauigkeit oder, bei gleicher Genauigkeit wie früher, in einer Reduzierung der Anzahl der nötigen Shunts auf ein Drittel. *Berndt.*

Theorie und Verwendung eines neuen Elektrometers, das auf der gegenseitigen Wirkung eines sphärischen und eines ebenen Leiters beruht.

Von A. Guillet und M. Aubert. *Journ. de Phys.* 2. *S. 990. 1912.*

Das Elektrometer besteht aus dem Gestell G (Figur), der ebenen Scheibe P, der metallischen Hohlkugel S (aus einem leichten Material) und der Aufhängevorrichtung. Ein Torsionsdraht kann bei B gespannt und bei A mit Hilfe der geteilten Scheibe gedreht werden. Genau in der Drahtmitte befindet sich die leichte Scheibe D, die mit Hilfe eines kurzen Aluminiumröhrchens auf dem Draht befestigt ist. Auf 2 Rillen kann sich der feine, die Kugel tragende Draht b und ein anderer Faden aufwickeln, an welchem sich das Ausgleichsgewicht befindet. Dieses besteht aus einem Papierzylinder C, der sich innerhalb einer unten geschlossenen Röhre von wenig größerem Durchmesser bewegt und so die Luftdämpfung bewirkt. Die Ablesung erfolgt mit Hilfe des Hohlspiegels m und einer zum Kreis gebogenen transparenten Skala. Die Theorie dieses Instrumentes wird nach der Methode sukzessiver elektrischer Bilder entwickelt. Die Ausdrücke für die Kapazität C (beim Kugelradius 1 *cm*) und die anziehende Kraft F zwischen Scheibe und Kugel (beim Kugel-Potential 1 *ESE*) führen auf unendliche Reihen. Bei konstantem Abstand e zwischen Kugelzentrum und Platte ist C proportional dem Kugelradius R und f unabhängig davon und proportional dem Quadrate des Potentials. Die Ausdrücke für C und f werden für verschiedene Werte von u $[u = e : R]$ berechnet. Es ergibt sich z. B. für



u	f	C
1,1 *cm*	2,1840 Dynen	2,1551 *cm*
1,5 „	0,3178 „	1,5353 „
2,0 „	0,1206 „	1,3410 „
4,5 „	0,0157 „	1,1112 „

Da f sehr stark abnimmt bei einem geringen Anwachsen der Entfernung, wird man mit möglichst geringen Abständen arbeiten müssen. Es werden die Bedingungen dafür diskutiert, innerhalb welchen Bereiches von einer gegebenen Anfangsstellung u_0 aus die Kugel sich noch im stabilen Gleichgewicht befindet, und eine Tabelle dafür berechnet, sowie Vorschriften für ein schnelles Arbeiten mit dem Instrument angegeben. *Berndt.*

Bücherbesprechungen.

E. Kohlschütter, Ergebnisse der Ostafrikanischen Pendelexpedition der K. Gesellschaft d. Wiss. Göttingen, 1899 u. 1900. II. Bd. Die astronomisch-geodätischen Beobachtungen. (Abh. d. K. Ges. Wiss. Göttingen, Mathem.-Physikal. Kl., N. F. VIII, Nr. 5). 4°. VI, 101 S. mit Fig. und Taf. Berlin, Weidmann, 1912.

Dieser II. Band der Veröffentlichung über die Ostafrikanische Pendelexpedition 1899 bis 1900 unter Glauning und Kohlschütter ist auch hier anzuzeigen, weil er zahlreiche scharfe Untersuchungen über die „Konstanten" und Einrichtungen der mitgeführten Instrumente für die direkten geographischen Ortsbestimmungen sowie Wünsche und Winke für die Konstruktion solcher Instrumente enthält. Von den für den vorliegenden Band nicht in Betracht kommenden Pendelinstrumenten abgesehen, bestand das Instrumentarium des Verf. in einem Zenitteleskop als Hauptinstrument, das bereits Hayn bei seinen Messungen in der Südsee verwendet hatte, und das vor dessen Ausreise aus einem alten Höhenkreis auf der Leipziger Sternwarte eilig „zusammengebaut" worden war; zahlreiche Mängel des Instruments, das zur Beobachtung gleicher Ost- und Westzenitdistanzen zur Bestimmung der Uhrkorrektionen, gleicher Nord- und Südzenitdistanzen für die Breiten und gleicher Zenitdistanzen des Mondrands und eines benachbarten Sterns für die Längen diente, werden besprochen. Ein als Reserve mitgeführtes kleines Universal von Bamberg (5 zöll. Horizontalkreis, 4½ zöll. Vertikalkreis) wurde nicht gebraucht. Die Durchgänge der Sterne durch die Horizontalfäden des Zenitfernrohrs wurden elektrisch registriert, wozu ein Chronograph mit Federantrieb von Fuess-Steglitz zur Verfügung stand; Trockenelemente von Siemens & Halske (Patent Hellesen, Typ 3) dienten als Stromquelle, versagten aber mehrfach wegen zu starken Austrocknens. An Pendeluhren wurden Straßer und Rohde Nr. 174 und Hawelk Nr. 27 mitgeführt, beide mit Invarpendeln versehen, die erste übrigens anfänglich mit einem Konstruktionsfehler behaftet (falscher Schnitt des Gewindes der Rolle zur Führung der Gewichtsschnur), während die Einrichtungen zur raschen Aufstellung und späterer Wiederverpackung sich als sehr zweckmäßig zeigten; endlich wurden drei Marine-Chronometer (als Zähluhren bei den Pendelbeobachtungen und für die Schwingungsbeobachtungen bei den erdmagnetischen Messungen) und vier Taschenuhren (I bis IV) von Lange & Söhne mitgeführt; von diesen vier letzten Uhren, die zur Bestimmung relativer Längen aus Zeitübertragung durch Uhrtransport zu dienen hatten, waren I bis III nach stell. Zeit, IV nach mittl. Zeit reguliert. Sie waren zusammen in ein gepolstertes Kästchen verpackt, das in einen gewöhnlichen eisernen Tropenkoffer zwischen Wäschestücke gesteckt wurde, wobei aber die Temperatur in dieser Transportkiste bis 60° stieg.

Neben den unmittelbaren Ergebnissen der Messungen des Verf. mit sehr sorgfältiger Diskussion aller Umstände, die zur Beurteilung der Genauigkeit der Resultate in Betracht kommen, bietet die vorliegende Schrift wichtige Beiträge zur *Methodik* direkter geographischer Ortsbestimmungen in den Tropen. Es kann aber hier nicht näher darauf eingegangen werden; es muß genügen, darauf hinzuweisen, wie sehr sich abermals für Δu und für φ die Methoden gleicher Zenitdistanzen überlegen zeigen gegen die Messungen einzelner Zenitdistanzen, und daß für die absoluten λ die Methode der gleichen z des Mondrandes und eines Nachbarsterns als für Feldbeobachtungen der Methode der Mondkulminationen ebenbürtig nachgewiesen wird.

Erwähnt sei im Sinn unserer Zeitschrift nur noch die Untersuchung der zwei 2″-Libellen des Zenitfernrohrs von A. Peßler in Freiberg, Sachsen, Nr. 28895 und 28896. Die zweite ist schon jahrelang vor ihrer diesmaligen Verwendung (1899—1900) von Hayn in der Südsee gebraucht worden; als Empfindlichkeit ergab sich 1894 (Hayn) 2,17″, 1898 (Kohlschütter) 2,174″ ± 0,009″, 1901 (ebenso) 2,168″ ± 0,005″; es zeigt sich also im durchschnittlichen Teilwert große Konstanz, um so merkwürdiger, als früher sicher vorhandene Diskontinuitäten der Krümmung des Schliffs sich im Lauf der Zeit verbessert haben. Eine Abhängigkeit des Teilwerts von der Temperatur war bei dieser Libelle nicht sicherzustellen,

wohl aber bei 28895, die deutliche Zunahme des Teilwerts bei steigender Temperatur zeigt, der Gleichung entsprechend

$$1^p = 1{,}892'' (\pm 0{,}003'') + [0{,}0024'' (\pm 0{,}0002)] (t - 22^\circ).$$

Eine kleine Unregelmäßigkeit des Ausschleifungsbogens war nachweisbar, indem der Teilwert vom Teilstrich 20 bis zum Teilstrich 40 der Libellenskale etwa um 0,1" abnimmt (vor und nach der Reise festgestellt), auch ist stärkere Klemmung von Einfluß auf den Teilwert gewesen, und endlich scheint dieser im Lauf der Zeit etwas abgenommen zu haben. Im ganzen sind aber diese zwei Peßlerschen Libellen als sehr gut zu bezeichnen. Zu demselben Urteil kommt, wie hier zum Schluß noch angeführt sein mag, über zwei andere Peßlersche Libellen von etwa 1½" Teilwert auch ein anderer Beobachter, P. Pummerer in München, vgl. dessen Dissertation: Neubestimmung der Polhöhe Münchens nach der Horrebow-Methode, Wien 1912, S. 12; für Unregelmäßigkeiten in der Krümmung des Ausschleifungsbogens wurden hier gar keine Anhaltspunkte gefunden, auch ist der als „Ungenauigkeit" für beide Libellen angegebene Betrag 0,01" sehr gering. *Hammer.*

R. Ziegenberg, Der Elektrizitätszähler. Seine Wirkungsweise, Konstruktion und praktische Handhabung. 8°. VIII, 363 S. mit 213 Fig. Berlin, H. Meuser 1912.

Nach einer allgemeinen Betrachtung über den Zweck und das Wesen des Elektrizitätszählers erörtert der Verfasser ausführlich die Eigenschaften und Anwendungen der Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser. Sodann gibt er einige Klassifizierungen der Zähler und geht zur Beschreibung einzelner Zählertypen über. Diese Beschreibung bildet, wie auch die Überschrift besagt, den Kern des Buches. Es folgt ein Kapitel über Tarife und Tarifzähler sowie eins über die Prüfung der Zähler. Die gesetzlichen Bestimmungen werden angeführt und erörtert. Zum Schluß wird einiges über den praktischen Gebrauch gesagt.

Das Geleitwort: Aus der Praxis für die Praxis, welches der Verf. seinem Buche vorvorausstellt, scheint besonders durch das Hauptkapitel, die Beschreibung der einzelnen Zählertypen, erreicht zu sein. Es sind außer den Erklärungen der besonderen Eigenschaften der einzelnen Konstruktionen auch die charakteristischen Daten meist recht ausführlich angegeben, z. B. Systemgewicht, Drehmoment, Umdrehungen in der Minute, Anlauf, Leerlauf, Eigenverbrauch, Spannungsabfall usw. Es wird betont, daß der sogenannte Gütefaktor und ähnliche, aus den charakteristischen Daten gebildete Quotienten keinen praktischen Wert haben.

Die Beschreibung beschränkt sich auf eine Anzahl der bekanntesten deutschen oder in Deutschland vertriebenen Fabrikate. Dem Praktiker wird diese Beschränkung in den meisten Fällen willkommen sein. Als Lehrbuch für Studierende und Ingenieure kann das Buch deshalb weniger angesprochen werden. Auch fehlt dazu ein tieferes Eingehen auf die Eigenschaften, Funktion und Schaltungsweise der Zähler. Die Art, in der diese an manchen Stellen diskutiert werden, mag in seiner oft etwas breiten Ausdrucksweise mehr für den Laien, der sich allgemein orientieren will, geeignet sein. Literaturangaben fehlen vollständig.

Neben diesem Hauptkapitel ist vor allem das Kapitel: „Der elektrische Strom und seine Messung" zu erwähnen, in dem einige nützliche Winke über den Zweck und die Verwendung der Meßinstrumente gegeben werden. Würden diese Hinweise bei gleichem Umfange noch vertieft werden, so könnte der Leser noch erheblich mehr Nutzen daraus ziehen. Daß man mit Deprez-d'Arsonval-Instrumenten in der Nähe starker Ströme, elektrischer Maschinen usw. einwandfreie Ablesungen machen kann (*S. 33*), beruht wohl auf einem Irrtum; man sollte nur dringend davor warnen, daß die Einflüsse äußerer Felder auf diese Instrumente unterschätzt werden.

Die übrigen Kapitel entsprechen den üblichen Darstellungen und vervollständigen sinngemäß das Hauptkapitel. Sie werden manchem Leser, der sich z. B. die gesetzlichen Bestimmungen u. a. m. aus Handbüchern zusammensuchen muß, willkommen sein und dem Buche die verdiente Verbreitung verschaffen helfen. *K. S.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. F. R. **Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. **Krüss**, Prof. Dr. R. **Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. F. **Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **September 1913.** Neuntes Heft.

Chromatische Aberration von Fernrohrobjektiven.

Von
H. Faßbender und **A. Wetthauer.**
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Zur Bestimmung der chromatischen Aberration von Objektiven existieren mehrere Methoden. Von den älteren ist die Vogelsche die zuverlässigste. Das Fernrohr mit dem zu untersuchenden Objektiv wird auf einen künstlichen oder natürlichen Stern eingestellt und das Bild mit einem Okular mit geradsichtigem Prisma betrachtet. Das Sternbild wird zu einem Spektrum ausgezogen. Wegen der chromatischen Aberration zeigt das Spektrum Einschnürungen für die Farben, für die das Okular scharf eingestellt ist. Für die übrigen Farben ist das Spektrum ausgebaucht. Bei der kleinsten Veränderung der Okulareinstellung ändert sich die Figur des Spektrums. Man bemerkt eine Einschnürung, welche sich bei den meisten achromatischen Objektiven in der Richtung vom roten nach dem violetten Ende zu verschiebt, wenn man das Okular weiter herausbewegt. Die Einschnürung erfolgt, wenn sich die Strahlen derselben Farbe in einem Punkte schneiden. Bringt man daher am Auszugsrohr eine Teilung an, so erhält man aus der Verschiebung, welche notwendig ist, um den Einschnürungspunkt z. B. vom roten nach dem violetten Ende zu verlegen, sofort die Differenz der Vereinigungsweiten der roten und violetten Strahlen[1]).

M. Wolf[2]) wies darauf hin, daß bei dieser Methode durch die chromatische Aberration des Okulars und des Auges Fehler entstehen können. Die Fehlerquelle wird dadurch eliminiert, daß mit dem zu benutzenden Okularspektroskop die scheinbare chromatische Abweichung des von einem kleinen Quecksilbertröpfchen reflektierten Sonnenbildes für sich bestimmt wird. Die so erhaltene Aberration wird von der mit der Vogelschen Methode erhaltenen in Abzug gebracht.

Eine der Vogelschen sehr ähnliche Methode benutzt C. A. Young[3]). Der Unterschied besteht nur darin, daß er zur Scharfeinstellung nicht die Einschnürungen des Spektrums benutzt, sondern auf maximale Schärfe einer durch ein Staubpartikelchen im Spalt erzeugten Linie einstellt.

Eine andere Methode, die aber, wie Czapski zeigt, prinzipiell nicht die gleiche Genauigkeit haben kann, ist von Hasselberg[4]) angegeben worden. Dieser benutzt

---

[1]) H. C. Vogel, *Vierteljahresschr. d. astronom. Gesellsch.* **22.** *S. 142. 1888;* derselbe, *Monatsber. d. Berl. Akad. 1880. S. 433.*

[2]) M. Wolf, *Wied. Ann.* **33.** *S. 212. 1888.*

[3]) C. A. Young, *Amer. Journ. of Science* **19.** *S. 454. 1880.*

[4]) B. Hasselberg. *Bull. de l'Acad. Imp. des Sciences de Pétersbourg.* **32.** *S. 412. 1888.*

die Besselsche Methode der Brennweitenbestimmung unter Benutzung von monochromatischem Licht. Diese Bessel-Hasselbergsche Methode gibt die Werte der Äquivalentbrennweiten und aus diesen die Werte der chromatischen Aberration im Gegensatz zu der Vogel-Wolfschen Methode, die unmittelbar die Differenzen der Vereinigungsweiten ergibt. Als Differenzmethode ist die Vogel-Wolfsche Methode der Bessel-Hasselbergschen überlegen.

In neuerer Zeit ist von J. Hartmann[1]) eine von den älteren vollkommen verschiedene Methode angegeben worden, die, wie Hartmann selbst sagt, in bezug auf die Vereinigungsweiten prinzipiell das gleiche empirisch anstrebt, was die trigonometrische Durchrechnung theoretisch leistet. Bei dieser Methode werden aus dem gesamten Strahlenkegel eines künstlichen oder natürlichen Sternes paarweise symmetrisch zur Achse liegende Bündel durch eine vor dem Objektiv angebrachte Blende ausgeschnitten. Durch diese Blende wird das intra- und extrafokale Bild in ebensoviele unscharfe Punkte auseinandergezogen, wie die Blende Löcher hat. Aus dem Abstand dieser Punkte und der Entfernung der beiden Ebenen des intra- und extrafokalen Bildes kann in einfacher Weise die Vereinigungsweite der einzelnen Strahlen berechnet werden. Bei der Bestimmung der chromatischen Aberration sind diese Aufnahmen bei monochromatischem Licht für die einzelnen Wellenlängen zu wiederholen. Eine wesentliche Vereinfachung der Methode wird durch Verwendung eines Spektrographen erzielt, dessen Spalt sich in den extrafokalen Ebenen an Stelle der photographischen Platte befindet, und dessen Spaltrohrachse mit der Achse des zu untersuchenden Objektivs koinzidiert. Wird der Spalt in die Verbindungslinie von paarweise zugeordneten, von der Hartmannschen Blende erzeugten Strahlen gebracht, so erhält man bei nicht monochromatischem Licht ebenfalls paarweise zugeordnete Spektren. Aus dem Abstand entsprechender Kurvenpunkte läßt sich die chromatische Aberration des zu untersuchenden Objektivs berechnen. Auf Einzelheiten dieser Methode soll hier nicht eingegangen werden.

Die Hartmannsche Methode gestattet im Gegensatz zu den älteren Verfahren eine Messung der Farbenkurve für verschiedene Zonen des Objektivs und damit eine Bestimmung der sphärischen Differenz der chromatischen Aberration.

Die beschriebenen Methoden sind mehrfach praktisch erprobt. *Im folgenden sollen die in den verschiedenen Arbeiten mitgeteilten Kurven der chromatischen Aberration der untersuchten Objektive zusammengestellt und außerdem eine Anzahl von Kurven, die in der Reichsanstalt mit der Hartmannschen Methode an mehreren Objektiven bestimmt wurden, veröffentlicht werden.* Die empirisch gefundenen Kurven stimmen mit den theoretisch aus den Konstruktionsdaten des Objektivs berechneten wegen der unvollkommenen Homogenität des Glases und Fehler im Schliff nicht immer mit wünschenswerter Genauigkeit überein, so daß empirisch gefundene Kurven gegenüber den berechneten für den Praktiker von größerem Interesse sind. Eine Zusammenstellung der von anderer Seite veröffentlichten Tabellen neben den von uns aufgestellten erschien uns um so wünschenswerter, weil einmal die Literatur über diesen Gegenstand sehr zersplittert ist, andererseits die Tabellen bzw. Kurven in den verschiedenen Arbeiten in verschiedenen Maßeinheiten und nach verschiedenen Grundsätzen zusammengestellt sind. In den folgenden Tabellen sind alle Objektive auf eine Brennweite von 1000 *mm* umgerechnet und, soweit es möglich war, wurden die chromatischen Differenzen auf die Wellenlänge 589 bzw. 578 $\mu\mu$ bezogen.

---

[1]) J. Hartmann, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 1, 33, 97. 1904.*

Die Versuchsanordnung bei den *Messungen in der Reichsanstalt* war kurz folgende: Zunächst wurde der in der Tabelle Nr. 27 aufgeführte Apochromat auf seine chromatischen Fehler untersucht. In einer Entfernung von ca. 50 *m* wurde ein Monochromator aufgestellt, der als künstlicher Stern diente. Da es bei diesen Messungen weniger auf eine bequeme Ausführung, als vielmehr auf eine möglichst hohe Genauigkeit ankam, so wurde von der Verwendung eines Spektrographen abgesehen und für die einzelnen mit dem Monochromator eingestellten Wellenlängen je eine intra- und extrafokale Aufnahme gemacht. Verwandt wurden Platten von Wratten und Wainwright. Sämtliche Messungen wurden für zwei zueinander senkrecht stehende Durchmesser des Objektivs ausgeführt und die vom Astigmatismus auf der Achse angenähert freien Mittelwerte gebildet. Die für die Randzone und für die zentrale Zone berechneten Werte ergeben bei dem Apochromaten keine sicheren Differenzen, so daß also eine sphärische Differenz der chromatischen Aberration nicht nachgewiesen werden konnte. Die für den endlichen Objektabstand von 50 *m* erhaltenen Werte mußten in der von Hartmann l. c. angegebenen Weise für paralleles Licht umgerechnet werden. Der Apochromat wurde bei der Untersuchung von kleineren Objektiven als Normalobjektiv verwandt. Hierzu diente ein von Töpfer in Potsdam bezogener Hartmannscher Objektiv-Prüfungsapparat, der dem von Hartmann l. c. beschriebenen nachgebildet ist. Bei der Untersuchung der kleineren Objektive mit Hilfe des Hartmannschen Apparates wurde nicht die Umkehrmethode verwandt, sondern es wurden, während die Lichtblende in den Fokus des Normalobjektivs für die betreffende Farbe eingestellt war, die extrafokalen Aufnahmen diesseits und jenseits des Fokus des zu untersuchenden Objektivs hergestellt[1]). Auch hier wurde wieder auf die Verwendung eines Spektrographen verzichtet; es sind für jede Wellenlänge getrennte Aufnahmen gemacht.

Wir möchten noch darauf hinweisen, daß die in den Tabellen für die verschiedenen Objektive angegebenen Zahlen nicht ohne weiteres verglichen werden dürfen. Denn einmal haben die Objektive, wie aus den Tabellen hervorgeht, sehr verschiedene Öffnung. Es ist aber bekannt, daß die Beschaffung von optisch gutem Glase mit zunehmendem Durchmesser der Linsen unverhältnismäßig größere Schwierigkeiten macht, ja sogar, daß gewisse Gläser in großen Platten überhaupt nicht hergestellt werden können. Man wird also bei kleineren Objektiven bezüglich Korrektion der Fehler größere Anforderungen stellen dürfen als bei großen Objektiven. Dann aber auch — und dieser Punkt muß besonders berücksichtigt werden — wird je nach der Verwendungsart auf die Beseitigung spezieller Fehler besonderer Wert gelegt. So wird man bei einem astronomischen Fernrohrobjektiv mehr Wert auf chromatische Korrektion legen als bei einem Spektrometerobjektiv, bei dem die sphärische Korrektion in den Vordergrund tritt. Eine wesentliche Rolle bei der Beurteilung der chromatischen Korrektion eines Objektivs spielt auch die Frage, ob das Objektiv für alle Zonen in gleicher Weise chromatisch gut korrigiert ist, d. h., ob die sphärische Differenz der chromatischen Aberration verschwindet. Da die älteren Methoden die Untersuchung dieser Frage nicht zulassen, wie wir schon oben erwähnten, so geben die Tabellen Nr. 1 bis Nr. 23 nur die Mittelwerte der chromatischen Aberration für die ganze Öffnung. Bei den nach der Hartmannschen Methode in der Reichsanstalt untersuchten Objektiven wurde andererseits auch die Abhängigkeit der Achromasie von

[1]) Bezüglich der Vorzüge dieser Methode gegenüber der Umkehrmethode vgl. H. Faßbender, *diese Zeitschr.* **33.** *S. 174. 1913.*

der Zone ermittelt. Dementsprechend sind in der Tabelle für diese Objektive die chromatischen Differenzen für mindestens zwei Farben angegeben worden.

Für die in der Reichsanstalt untersuchten Objektive sind die Werte der Tabellen in Kurven gezeichnet, um eine bessere Übersicht zu ermöglichen. In der Kurventafel I sind für vier verschiedene Objektivtypen die Brennweiten der Randzonen in Abhängigkeit von der Wellenlänge aufgetragen. Man erkennt deutlich die außerordentlich vollkommene Beseitigung des sekundären Spektrums bei dem Apochromaten. Das billige Objektiv des Beobachtungsfernrohrs zeigt andererseits die schlechteste Korrektion. In den Kurventafeln Nr. II und Nr. III sind je zwei Objektive der gleichen Type zusammengestellt, von denen man also theoretisch die gleichen Kurven erwarten müßte, während man empirisch sichere Unterschiede findet. Es soll jedoch erwähnt werden, daß die Spektrometer-Objektive mit einer Brennweite von 447 *mm* (Kurventafel Nr. II) wegen der Unbeständigkeit des Glases der einen Linse nachträglich neu poliert bzw. nachgeschliffen werden mußten. Teilweise dürften bei diesem Typus die Abweichungen der zusammengehörigen Kurven hierauf zurückzuführen sein. Endlich sind in den Kurventafeln Nr. IV bis Nr. VIII für jedes einzelne Objektiv die Kurven für die verschiedenen Zonen zusammengestellt, aus denen die sphärische Differenz der chromatischen Aberration leicht ersehen werden kann.

Tabellen[1]).

1. Potsdamer Fernrohr von Schröder.

Öffn.-Verh.: 1 : 18 Öffnung: $2H = 298$ $F = 5400$

λ	680	656	589	556	486	434	410
dF	+ 0,65	+ 0,44	± 0,00	− 0,30	± 0,00	+ 1,09	+ 3,15

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. H. C. Vogel, *Monatsber. d. Berl. Akad. 1880. S. 438.*

2. Potsdamer Fernrohr von Grubb.

Öffn.-Verh. 1 : 15 Öffnung: $2H = 207$ $F = 3160$

λ	680	656	589	544	486	434	410
dF	+ 0,60	+ 0,32	± 0,00	− 0,03	+ 0,51	+ 2,53	+ 3,92

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. H. C. Vogel, *Monatsber. d. Berl. Akad. 1880. S. 439.*

3. Berliner Fernrohr von Fraunhofer.

Öffn.-Verh.: 1 : 18 Öffnung: $2H = 243$ $F = 4331$

λ	690	656	590	517	486	434	410
dF	+ 0,46	+ 0,35	± 0,00	+ 0,37	+ 0,65	+ 1,57	+ 2,61

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. H. C. Vogel, *Monatsber. d. Berl. Akad. 1880. S. 439.*

4. Potsdamer Refraktor von Steinheil.

Öffn.-Verh.: 1 : 16 Öffnung: $2H = 135$ $F = 2160$

λ	690	656	590	517	486	434	410
dF	+ 0,51	+ 0,28	± 0,00	+ 0,09	+ 0,51	+ 1,90	+ 3,66

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. H. C. Vogel, *Monatsber. d. Berl. Akad. 1880. S. 440.*

[1]) Öffnung, Brennweite und Differenzen der Brennweiten sind in *mm*, die Wellenlängen in $\mu\mu$ angegeben.

5. Bamberg-Objektiv I.

Öffn.-Verh.: 1:15 Öffnung: $2H = 134$ $F = 1978$

λ	710	650	590	530	470	410
dF	$-0{,}05$	$+0{,}05$	$\pm 0{,}00$	$-0{,}06$	$+0{,}15$	$+1{,}10$

Untersuchungsmethode: Verbesserte Vogelsche Methode (n. Wolf).

Vgl. H. C. Vogel, *Vierteljahresschr. d. astron. Gesellsch.* **22.** *S. 142. 1887.*

6. Bamberg-Objektiv II.

Öffn.-Verh.: 1:14 Öffnung: $2H = 176$ $F = 2500$

λ	710	650	590	530	470	410
dF	$+0{,}02$	$+0{,}05$	$\pm 0{,}00$	$-0{,}10$	$+0{,}05$	$+0{,}40$

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. H. C. Vogel, *Vierteljahresschr. d. astron. Gesellsch.* **22.** *S. 142. 1887.*

7. Heidelberger Plößlscher Dialyt[1]).

Öffn.-Verh.: 1:11 Öffnung: $2H = 58$ $F = 620$

λ	656	578	546	486	450
dF	$+0{,}4$	$\pm 0{,}0$	$+0{,}3$	$+1{,}4$	$+2{,}6$

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. *Ann. d. Physik* **33.** *S. 212. 1888.*

8. G. S. Merzsches Objektiv des Herrn Schifferdecker.

Öffn.-Verh.: 1:16 Öffnung: $2H = 83{,}5$ $F = 1300$

λ	656	578	546	486	450
dF	$+0{,}4$	$\pm 0{,}0$	$+0{,}1$	$+1{,}1$	$+2{,}4$

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. wie bei 7.

9. Reinfelder und Hertelscher 8-Zöller der Privatsternwarte Monrepos bei Geisenheim.

Öffn.-Verh.: 1:13 Öffnung: $2H = 203$ $F = 2590$

λ	656	578	546	486	436
dF	$+0{,}5$	$\pm 0{,}0$	$-0{,}2$	$+0{,}6$	$+1{,}6$

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. wie bei 7.

10. Reinfelder und Hertelscher 6-Zöller zu Heidelberg.

Öffn.-Verh.: 1:17 Öffnung: $2H = 153$ $F = 2620$

λ	656	578	546	486	436
dF	$+0{,}7$	$\pm 0{,}0$	$-0{,}2$	$+0{,}7$	$+1{,}9$

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. wie bei 7.

11. Steinheilsches Ablesefernrohr des Physik. Inst. zu Heidelberg.

Öffn.-Verh.: 1:8 Öffnung: $2H = 41$ $F = 330$

λ	656	578	546	486	436
dF	$+0{,}8$	$\pm 0{,}0$	$-0{,}1$	$+0{,}7$	$+2{,}2$

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. wie bei 7.

---

[1]) Die Werte der Tabellen 7—12 mußten einer in kleinem Maßstab gezeichneten Kurventafel entnommen werden. Daher sind nur Zehntel-Millimeter angegeben.

12. Steinheilscher Refraktor des Physik. Inst. zu Heidelberg.

Öffn.-Verh.: 1 : 15 Öffnung: $2H = 75$ $F = 1140$

λ	656	578	546	486	436
dF	+ 0,8	± 0,0	— 0,1	+ 0,5	+ 1,9

Untersuchungsmethode: Wie bei 5.

Vgl. wie bei 7.

13. Fernrohrobjektiv mit verbesserter Farbenkorrektion nach Pauly.

Öffn.-Verh.: 1 : 21 Öffnung: $2H = 212$ $F = 4450$

λ	690	660	590	520	486	434	420
dF	+ 0,04	+ 0,01	± 0,00	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,56	+ 0,85

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. M. Wolf, *diese Zeitschr.* ***19.*** *S. 1. 1899.*

14. Großer Wiener Refraktor von Grubb.

(Abstand der inneren Linsenflächen: 20 *mm*)

Öffn.-Verh.: 1 : 15 Öffnung: $2H = 675$ $F = 10360$

λ	661	587	567	519	483	434	414
dF	+ 0,58	± 0,00	+ 0,02	+ 0,26	+ 0,83	+ 2,60	+ 3,52

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* ***4.*** *Nr. 1. S. 4. 1885.*

15. Großer Wiener Refraktor von Grubb.

(Abstand der inneren Linsenflächen: 8 *mm*)

Öffn.-Verh.: 1 : 15 Öffnung: $2H = 675$ $F = 10360$

λ	661	587	540	519	483	434	421
dF	+ 0,31	± 0,00	— 0,01	+ 0,08	+ 0,67	+ 2,29	+ 3,33

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. wie bei 14.

16. 36-zöll. Refraktor des Lick-Observatoriums.

Öffn.-Verh.: 1 : 19 Öffnung: $2H = 915$ $F = 17385$

λ	687	656	589	565	486	434	410
dF	+ 0,66	+ 0,31	± 0,00	— 0,03	+ 0,66	+ 2,78	+ 4,69

Untersuchungsmethode: Vogelsche Methode.

Vgl. E. Keeler, *Astronom. Soc. of the Pacific* ***9.*** *S. 162. 1890.*

17. Clark-Objektiv des Äquatorialinstrumentes in Dartmouth (Littrow-Typ).

Öffn.-Verh.: 1 : 116 Öffnung: $2H = 235$ $F = 3670$

λ	760	656	589	486	434	410	397
dF	+ 1,72	+ 0,49	± 0,0	+ 1,29	+ 2,94	+ 4,44	+ 6,50

Untersuchungsmethode: Youngsche Methode.

Vgl. *Amer. Journ. of Science* ***19.*** *S. 454. 1880.*

18. Objektiv des Äquatorialinstrumentes in Princeton.

Öffn.-Verh.: 1 : 15 Öffnung: $2H = 240$ $F = 3500$

λ	+ 760	+ 656	± 589	+ 486	+ 431	+ 410	+ 397
dF	1,44	0,36	0	0,41	2,61	4,36	5,74

Untersuchungsmethode: Youngsche Methode.

Vgl. wie bei 17.

19. Kleines Fernrohrobjektiv.

Öffn.-Verh.: 1 : 11 Öffnung: $2H = 40$ $F = 450$

λ	636	589	568	522	492	468
dF	− 0,84	± 0,00	+ 0,22	+ 0,58	+ 1,15	+ 1,93

Untersuchungsmethode: Hasselbergsche Methode.

Vgl. *Bull. de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Pétersbourg* **32**. *S. 422. 1888.*

20. Bamberg-Objektiv III.

Öffn.-Verh.: 1 : 27 Öffnung: $2H = 56$ $F = 1485$

λ	687	656	589	517	486	467
dF	− 0,56	+ 0,11	± 0,00	+ 0,01	+ 0,40	− 0,20

Untersuchungsmethode: Wie bei 19.

Vgl. wie bei 19, *S. 430.*

21. Steinheilsches Objektiv Nr. 10116.

Öffn.-Verh.: 1 : 29 Öffnung: $2H = 53$ $F = 1525$

λ	687	656	589	517	486	467
dF	+ 0,75	+ 0,39	± 0,00	− 0,39	− 0,22	− 0,07

Untersuchungsmethode: Wie bei 19.

Vgl. wie bei 19, *S. 431.*

22. und 23. Großer Potsdamer Refraktor von Steinheil.

Öffn.-Verh.: 1 : 15 Öffnung: $2H = 800$ $F = 12191$

Zone $r = 32$ *cm*

mit Korrektionslinse[1]):

λ	dF
589	± 0,00
486	+ 0,63
434	+ 2,91
410	+ 4,64
397	+ 6,33

ohne Korrektionslinse:

λ	dF
486	± 0,00
434	− 0,83
410	− 0,83
397	− 0,61
393	− 0,52
389	− 0,38
384	− 0,22

Untersuchungsmethode: Hartmannsche Methode mit Verwendung eines Spektrographen.

Vgl. *Potsdamer Publik.* **15**. *S. 43. 1908.*

24. Kleiner Photographischer Potsdamer Refraktor von Steinheil.

Öffn.-Verh.: 1 : 10,5 Öffnung: $2H = 325$ $F = 3439$

λ	486	434	410	397	389	384	380
dF	+ 1,19	± 0,00	− 0,23	− 0,19	− 0,06	+ 0,12	+ 0,23

Untersuchungsmethode: Hartmannsche Methode mit Verwendung eines Spektrographen.

Vgl. *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam Nr.* **45**. *S. 18. 1908.*

25. Optisches Objektiv mittlerer Brennweite von Steinheil.

Öffn.-Verh.: 1 : 10 Öffnung: $2H = 95$ $F = 950$

λ	644	590	534	508	480	468	442
dF	+ 0,29	± 0,00	− 0,11	+ 0,06	+ 0,51	+ 0,82	+ 1,64

Untersuchungsmethode: Hartmannsche Methode mit Verwendung eines Spektrographen.

Vgl. *diese Zeitschr.* **23**. *S. 291. 1903.*

26. Kleines Objektiv.

Öffn.-Verh.: 1 : 12 Öffnung: $2H = 80$ $F = 977$

λ	644	589	536	508	480	455	423	393
dF	+ 0,21	± 0,00	− 0,04	+ 0,14	+ 0,63	+ 1,29	+ 2,96	+ 5,94

Untersuchungsmethode: Hartmannsche Methode mit Verwendung eines Spektrographen.

Vgl. *diese Zeitschr.* **24**. *S. 19. 1904.*

---

[1]) Für den sichtbaren Teil des Spektrums.

27. Apochromat.

Öffn.-Verh.: 1 : 16 Öffnung: $2H = 90$ $F = 1411$

λ	701	683	656	589	546	492	436	405
dF	— 0,22	— 0,11	— 0,01	± 0,00	— 0,08	— 0,10	+ 0,15	+ 0,79

Untersuchungsmethode: Extrafokale Einzelaufnahmen mit monochromatischem Licht.

Messung in der Reichsanstalt.

28. Spektrometer-Objektiv.

Öffn.-Verh.: 1 : 9 Öffnung: $2H = 49$ $F = 447$

λ	Zone $r = 11$ dF	Zone $r = 25$ dF	Zone $r = 38$ dF	Zone $r = 51$ dF
656	+ 1,87	+ 1,63	+ 1,40	+ 0,87
578	+ 1,04	+ 0,64	+ 0,78	± 0,00
492	+ 0,70	+ 0,24	+ 0,55	— 0,21
436	+ 1,78	+ 1,18	+ 1,37	+ 0,56
405	—	+ 3,02	—	+ 2,32

Untersuchungsmethode: Wie bei 27.

Messung in der Reichsanstalt.

29. Spektrometer-Objektiv.

Öffn.-Verh.: 1 : 9 Öffnung: $2H = 49$ $F = 447$

λ	Zone $r = 11$ dF	Zone $r = 25$ dF	Zone $r = 38$ dF	Zone $r = 51$ dF
700	+ 1,88	+ 1,28	+ 1,15	+ 1,14
656	—	+ 1,10	—	+ 0,79
578	+ 1,15	+ 0,15	— 0,05	± 0,00
546	+ 0,85	+ 0,12	— 0,05	— 0,27
436	+ 2,14	+ 1,01	+ 0,62	+ 0,50
405	+ 3,20	+ 2,50	+ 2,30	+ 2,24

Untersuchungsmethode: Wie bei 27.

Messung in der Reichsanstalt.

30. Spektrometer-Objektiv.

Öffn.-Verh.: 1 : 10 Öffnung: $2H = 44$ $F = 446$

λ	Zone $r = 11$ dF	Zone $r = 22{,}5$ dF	Zone $r = 33{,}5$ dF	Zone $r = 42{,}5$ dF
700	—	+ 0,69	—	+ 0,20
656	— 0,32	+ 0,70	+ 0,36	+ 0,37
578	— 0,38	+ 0,23	— 0,04	± 0,00
492	—	+ 0,23	—	+ 0,31
436	+ 1,48	+ 2,02	+ 1,99	+ 2,29
405	—	+ 4,43	—	+ 4,53

Untersuchungsmethode: Wie bei 27.

Messung in der Reichsanstalt.

31. Spektrometer-Objektiv.

Öffn.-Verh.: 1 : 10 Öffnung: $2H = 44$ $F = 446$

λ	Zone $r = 11{,}2$ dF	Zone $r = 22{,}5$ dF	Zone $r = 33{,}7$ dF	Zone $r = 42{,}6$ dF
700	+ 0,77	+ 0,72	+ 0,90	+ 0,52
656	+ 0,65	+ 0,92	+ 0,35	+ 0,32
578	+ 0,36	+ 0,23	+ 0,14	± 0,00
546	+ 0,23	— 0,17	— 0,37	— 0,37
486	+ 0,36	+ 0,50	+ 0,35	+ 0,50
436	+ 1,28	+ 1,87	+ 1,82	+ 1,89
405	+ 3,17	+ 4,23	+ 4,14	+ 4,16

Untersuchungsmethode: Wie bei 27.

Messung in der Reichsanstalt.

32 Ablese-Fernrohr.

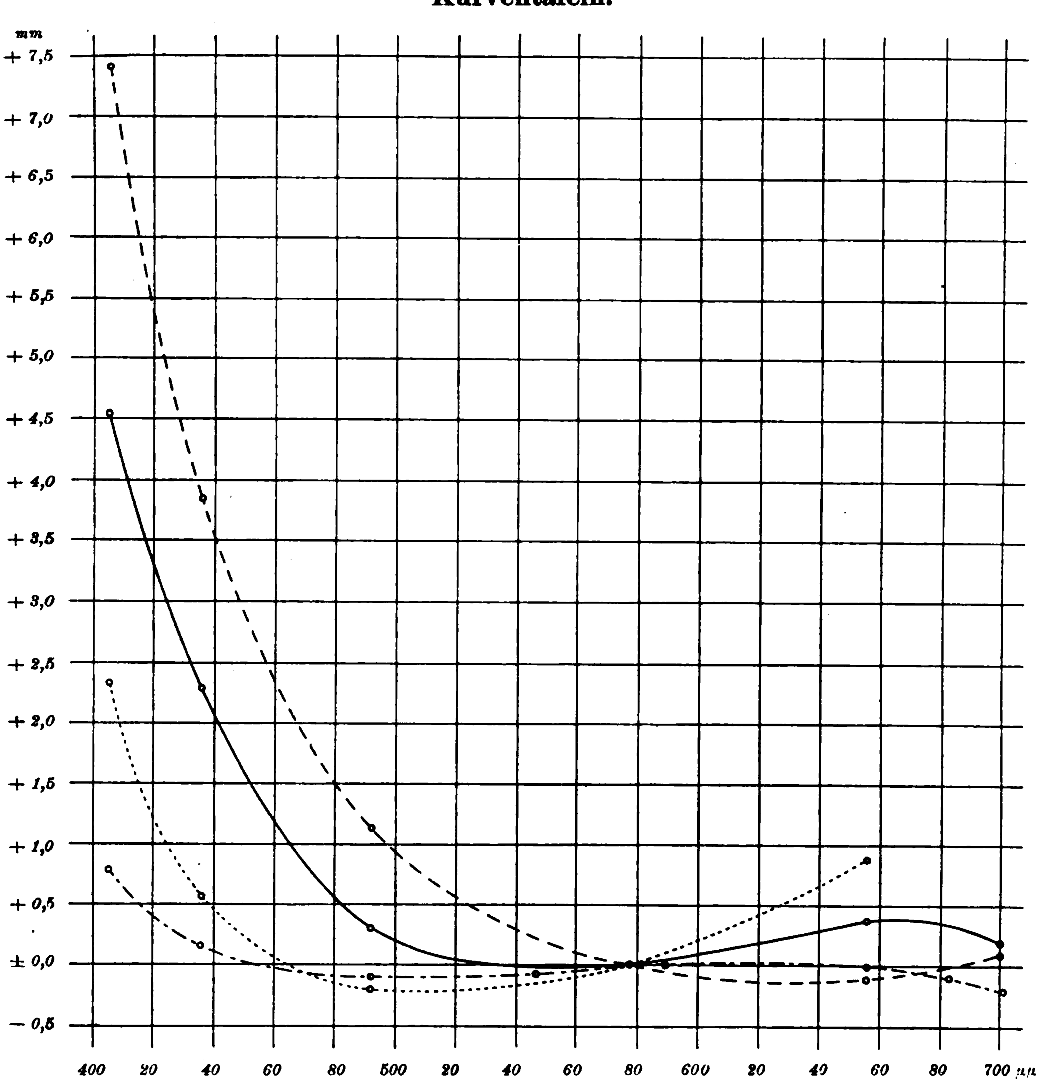
Öffn.-Verh.: 1 : 8 Öffnung: $2H = 41$ $F = 324$

	Zone $r = 15$	Zone $r = 31$	Zone $r = 46$	Zone $r = 59$
λ	dF	dF	dF	dF
700	—	+ 0,19	—	+ 0,08
656	— 0,65	— 0,26	— 0,08	— 0,12
578	— 0,59	— 0,36	— 0,02	± 0,00
492	—	+ 0,47	—	+ 1,12
436	+ 2,14	+ 2,65	+ 3,50	+ 3,84
405	—	+ 6,13	—	+ 7,40

Untersuchungsmethode: Wie bei 27.

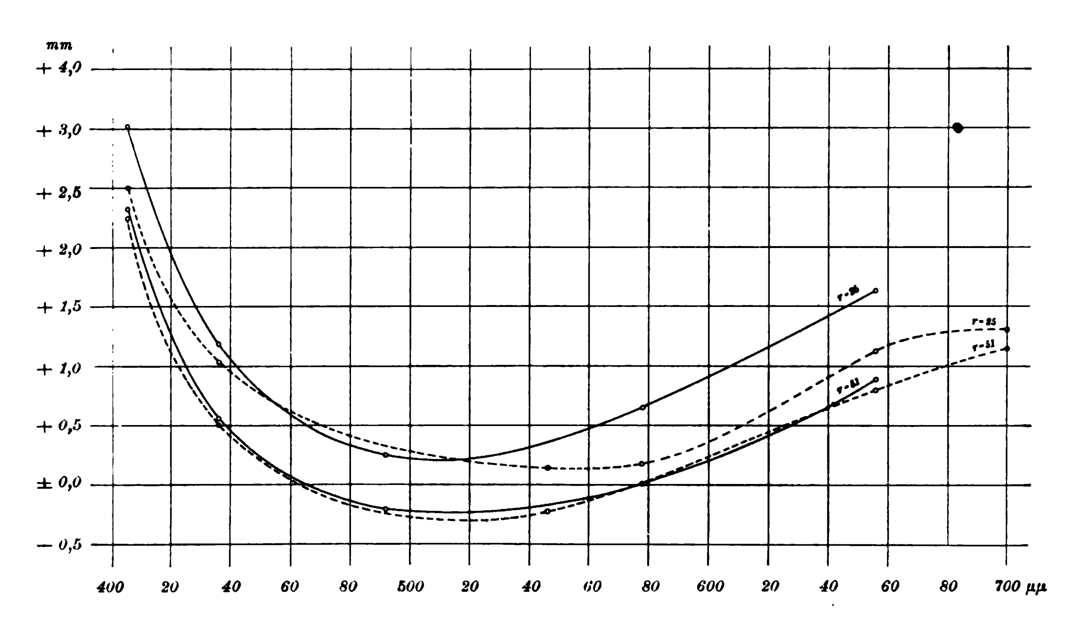
Messung in der Reichsanstalt.

Kurventafeln.

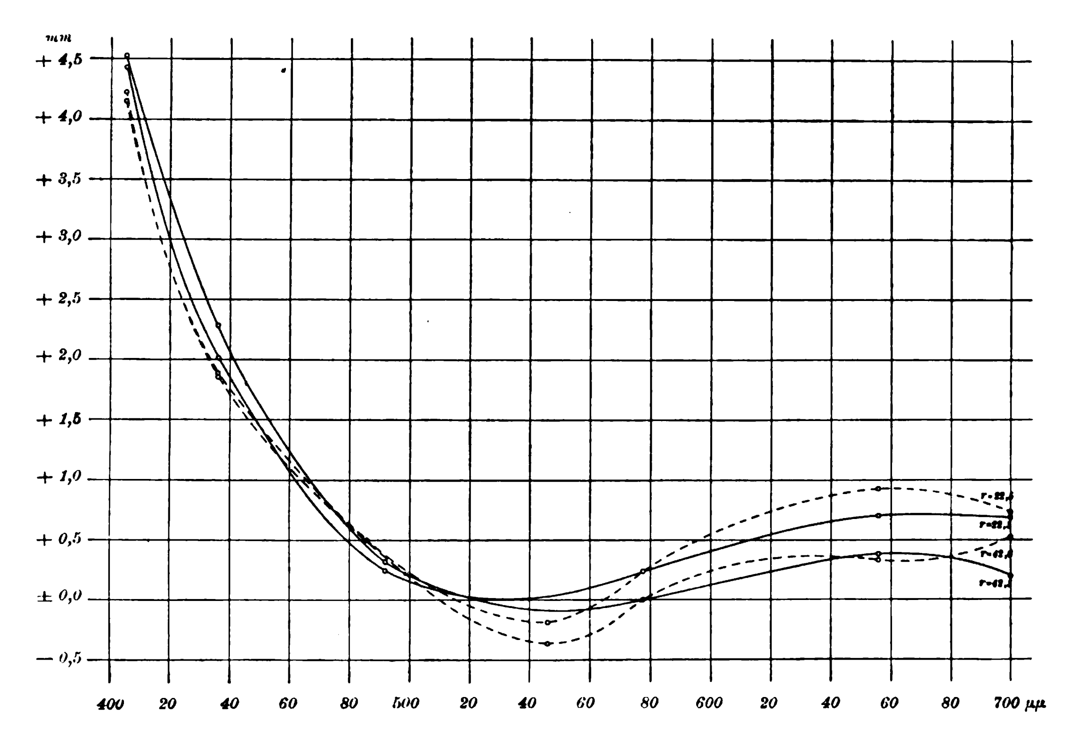


Kurventafel I. Kurven chromatischer Aberration für

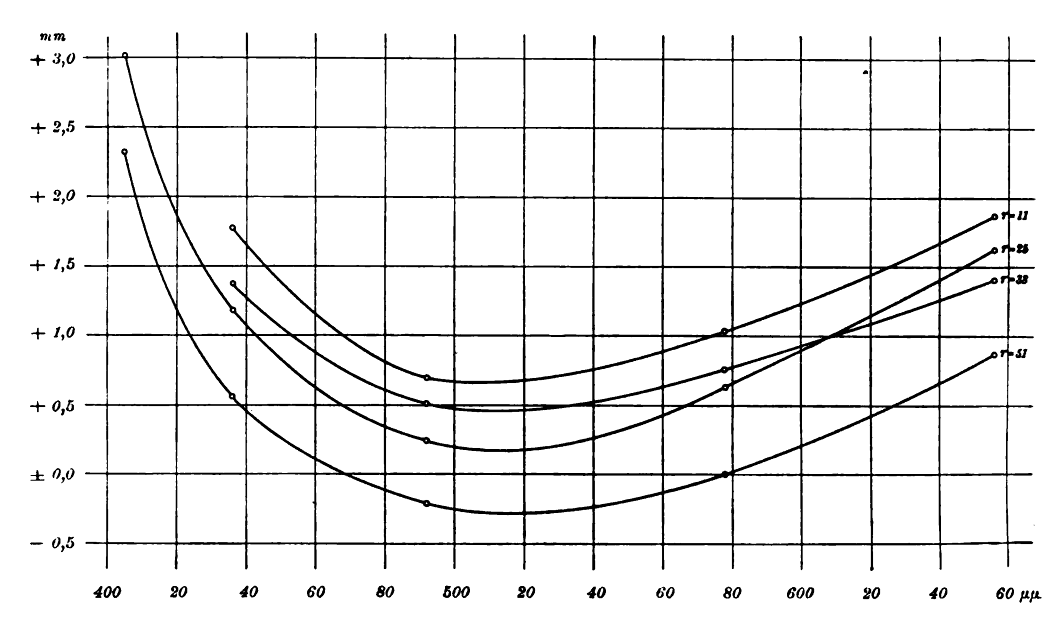
- - - - - - - - -	————————	··························	—·—·—·—·—
Achromat Tab. 32	Spektrometer-Objektiv Tab. 30	Spektrometer-Objektiv Tab 28	Apochromat Tab. 27



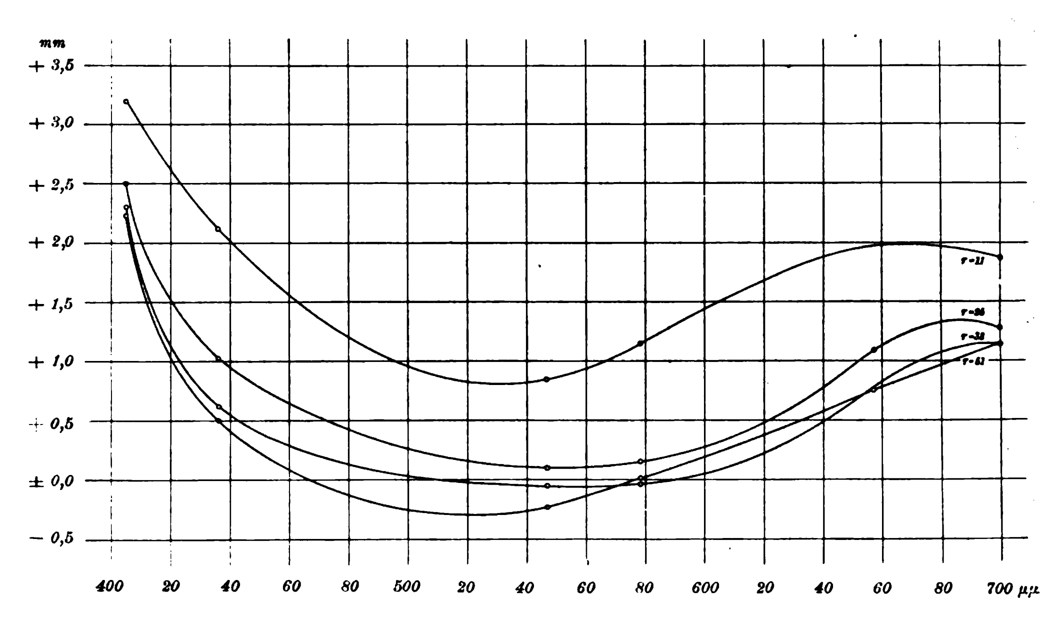
Kurventafel II. Vergleich der Kurven chromatischer Aberration der Objektive 28 (———) und 29 (-------).



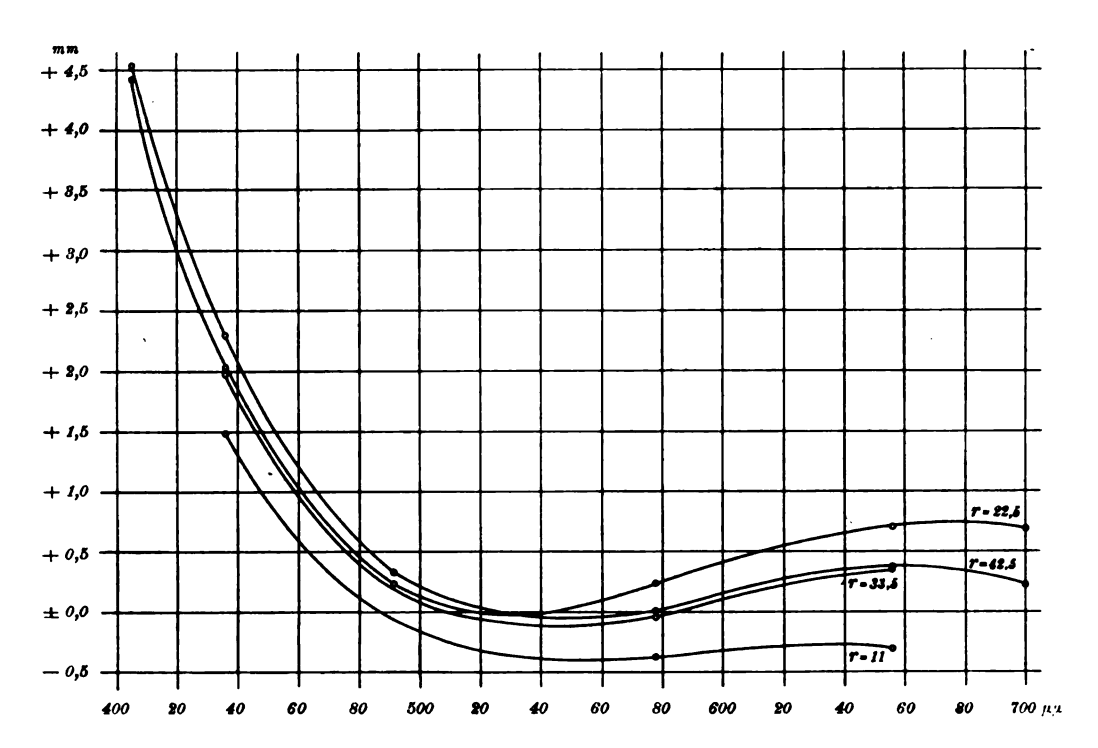
Kurventafel III. Vergleich der Kurven chromatischer Aberration der Objektive 30 (———) und 31 (-------).



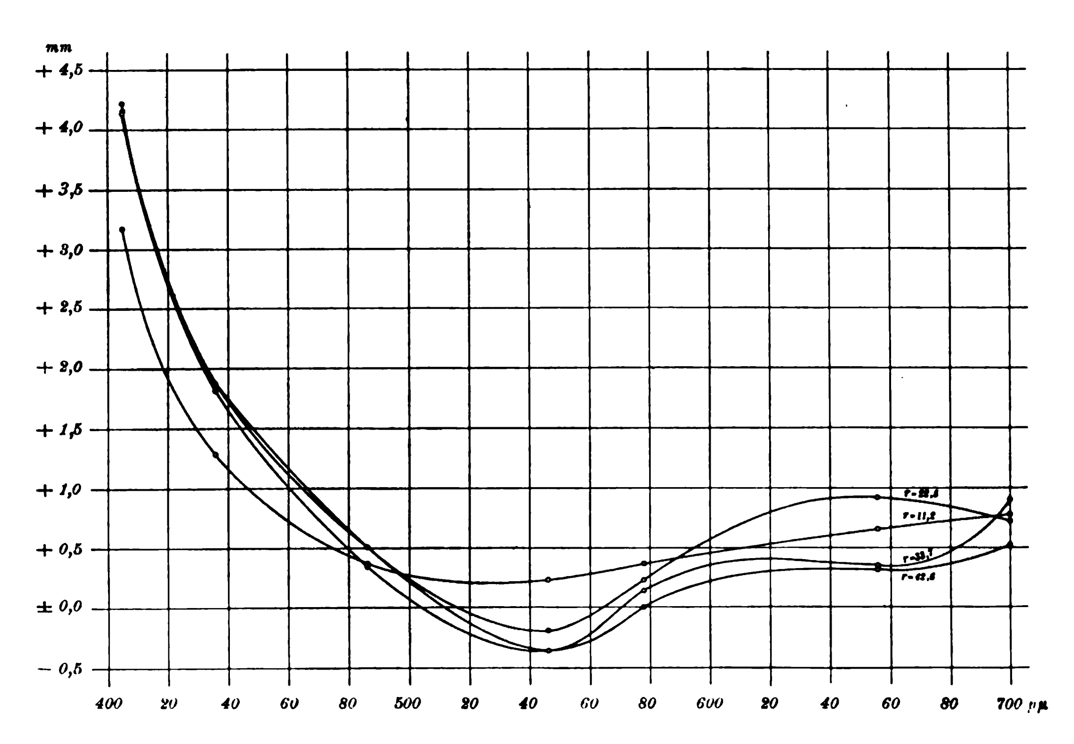
Kurventafel IV. Kurven chromatischer Aberration des Spektrometerobjektivs 28.



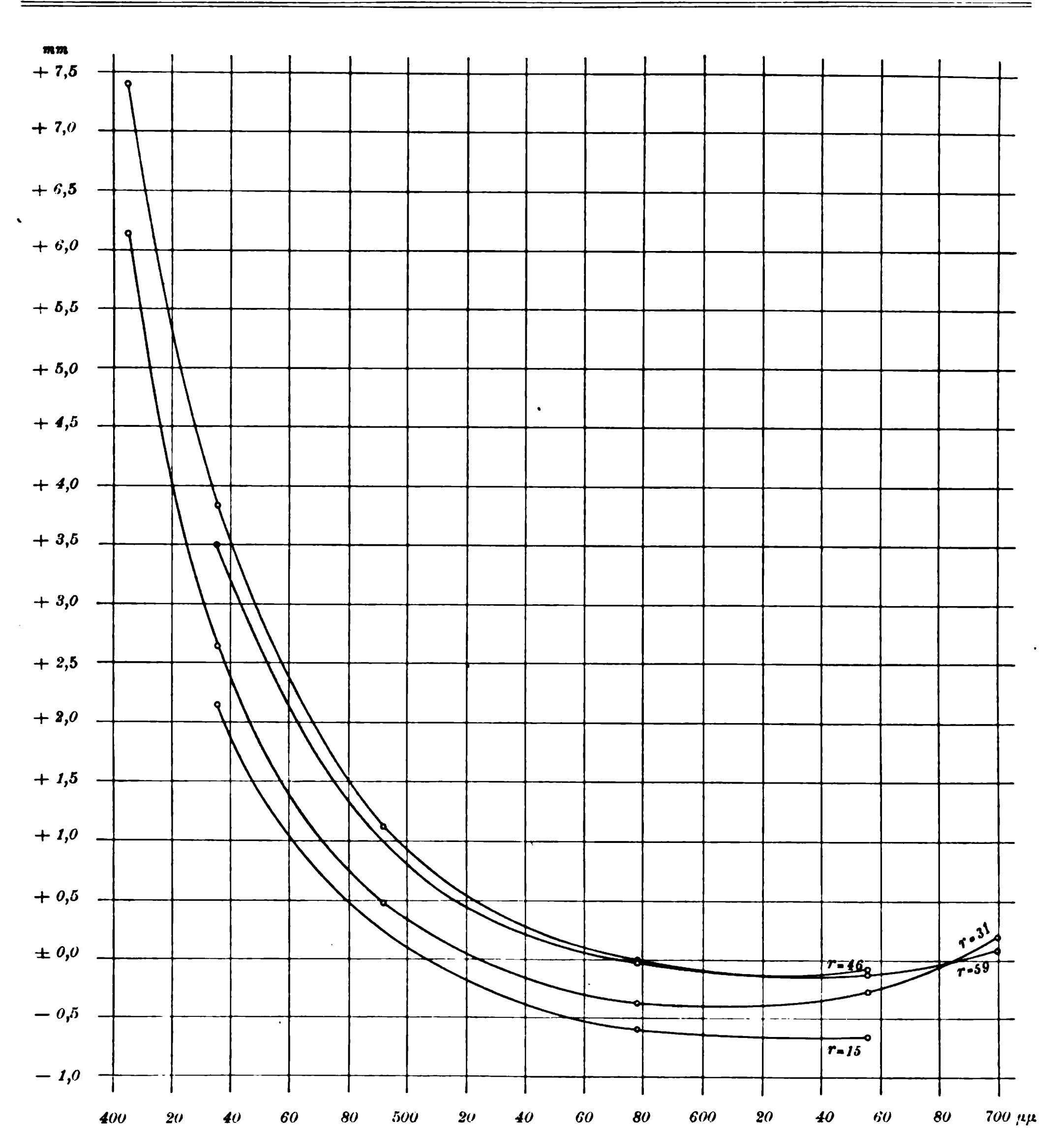
Kurventafel V. Kurven chromatischer Aberration des Spektrometerobjektivs 29.



Kurventafel VI. Kurven chromatischer Aberration des Spektrometerobjektivs 30.



Kurventafel VII. Kurven chromatischer Aberration des Spektrometerobjektivs 31.



Kurventafel VIII. Kurven chromatischer Aberration des Ablesefernrohrobjektivs 32.

Quarzpendel.

Konstruiert und gebaut von K. Satori in Wien.

Von
Ingenieur **Max Schanzer.**

Gegenüber dem Stahlpendel mit Quecksilberkompensation stellte die Erfindung des Nickelstahlpendels einen wesentlichen Fortschritt dar, da Nickelstahl als Invar einen weitaus geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt als alle bis dahin verwendeten Materialien. Daher war es möglich, das Kompensationsstück des Pendels bedeutend kleiner zu halten; es genügt ein Messingrohr von etwa $^1/_{10}$ der Pendellänge.

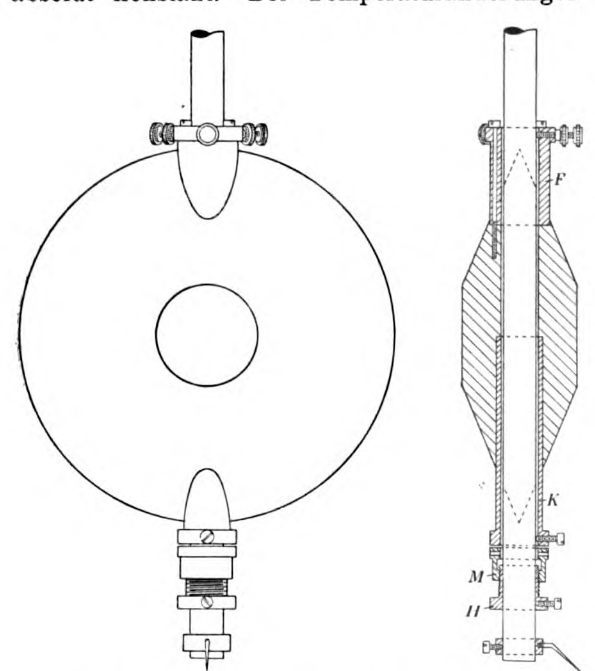
Dem Nickelstahlpendel haften jedoch gewisse Nachteile an. — Einerseits ist es ein Übelstand aller Legierungen, ihre Längen nicht stetig, sondern ruckweise zu ändern,

was zu „Sprüngen“ im Gang der Uhr Anlaß gibt; um diesen Fehler nach Möglichkeit einzuschränken, erfordert jedes Pendel einen langwierigen Temperungs- und Erschütterungsprozeß. Anderseits schwankt der Wärmeausdehnungskoeffizient von Legierungen in gewissen Grenzen und muß fallweise bestimmt werden.

Die aus diesen Gründen nicht immer günstigen Resultate, die man mit Nickelstahlpendeln erzielt hat, haben nun zu Versuchen geführt, andere Materialien aufzusuchen, welche die erwähnten Nachteile nicht aufweisen.

Nun hat unter allen festen Körpern *Quarz* den geringsten Wärmeausdehnungskoeffizienten (noch viermal kleiner als Nickelstahl). Der Koeffizient ist außerdem absolut konstant. Bei Temperaturänderungen ändert sich ferner die Länge des Quarzstabes vollständig stetig. Daher lag es nahe, zur Herstellung von Präzisionspendeln Quarz zu verwenden. Es ist aber erst vor ganz kurzer Zeit gelungen, im elektrischen Ofen genügend große, brauchbare Quarzstangen herzustellen.

Das Kompensationsrohr, welches aus konstruktiven Gründen nicht unter einer gewissen Länge gewählt werden kann, muß beim Quarzpendel eigens aus einem Material mit sehr geringem Wärmeausdehnungskoeffizienten (Stahl) hergestellt werden, da sonst eine Überkompensierung eintreten würde. Die Anordnung des mit drei Schrauben auf dem Quarzstab festklemmbaren Kompensationsrohres K ist aus der Figur ersichtlich.



Da man auf Quarz kein Gewinde schneiden kann, wurde eine besondere Vorrichtung zum genauen Einstellen der Linse nötig. Dieselbe besteht aus einer aufklemmbaren Hülse H, über welche eine Überwurfmutter M geschraubt wird. Die Hülse wird von unten auf das Pendel aufgeschoben, so daß der obere Rand der Überwurfmutter an das Kompensationsrohr K anstößt. Hierauf werden die Klemmschrauben der Hülse angezogen, dagegen die des Kompensationsrohres gelüftet, und nun erfolgt durch Drehung der Überwurfmutter eine mikrometrische Verschiebung des Kompensationsrohres samt Linse. Nach erfolgter Einstellung wird das Rohr wieder festgeklemmt und das Regulierstück abgenommen.

In den oberen Teil des Linsenkörpers ist eine Führungshülse F eingesetzt, welche die Quarzstange mit Spielraum durchläßt und sie durch drei Schrauben zentriert. Auch diese sind natürlich beim Einregulieren der Linse zu lockern und dürfen niemals ganz festgeklemmt werden, um nicht die freie Beweglichkeit des Kompensationsstückes zu hindern. Um ferner ein Verspannen des Quarzstabes im Kompensationsrohr zu vermeiden, ist auch dieses mit Spielraum aufgeschoben. Während der Regulierung wird die Quarzstange mittels eines eigenen aufklappbaren Klemmstückes festgehalten. Dasselbe ist an der Rückwand des Uhrkastens in der Höhe des unteren Stabendes angebracht.

Das Quarzpendel ist an seinem oberen Ende ebenfalls mit Luft in eine Stahlkappe gefaßt und wird durch drei Druckschrauben gehalten, welche in eingeschliffene Körnergrübchen eingreifen. In die Stahlkappe ist der Aufhängehaken eingeschraubt und durch eine Mutter fixiert. In der Mitte des Pendels sitzt ferner ein Teller, welcher ebenfalls durch Klemmring und Schrauben befestigt ist. Derselbe dient zur Aufnahme von Gewichten, welche die Feinregulierung der Uhr besorgen. Statt mit Linse wird das Pendel auch mit zylindrischem Gewicht ausgeführt.

Das Quarzpendel ist durch Patente geschützt. Die Ausführung hat A. Rapf, Uhrmacher in Wien, übernommen.

Wahl und Benennung der Krafteinheit.

Von

O. Lehmann in Karlsruhe.

Mit Recht macht Herr K. Scheel in *dieser Zeitschr. 33. S. 134. 1913* auf den leidigen Gegensatz zwischen Physikern und Ingenieuren in der Wahl der Krafteinheit aufmerksam. Hierunter hat insbesondere der Physiker einer technischen Hochschule zu leiden, dessen Aufgabe es ist, unter *minimalem*[1]) Zeitaufwand die Ingenieure in Physik zu unterrichten. Ich habe bereits an anderer Stelle ausführlich auf diese Schwierigkeiten hingewiesen[2]). Die Zeit reicht nicht aus, verschiedene Einheiten nebeneinander zu benutzen, wodurch eine Menge Umrechnungen, Erklärungen und Aufklärungen von Mißverständnissen nötig würden. Ein Versuch, lediglich die Krafteinheit der Maschineningenieure zu benutzen[3]), hatte keinen Erfolg. Die CGS-Systeme sind nicht in die Technik eingeführt und werden neuerdings selbst von den Physikern aufgegeben[4]). Ich kam deshalb zu folgender Überlegung. Gesetzlich ist Einheit der Länge das Meter, Einheit der Masse das Kilogramm. Soll also die einfachste Schreibweise der Beziehung zwischen Kraft p, Masse m und Beschleunigung g, nämlich: $p = m \, . \, g$ zutreffen, so folgt: $p = 1$ für $m = 1\,kg$ und $g = 1\,m/sec^2$, d. h. Einheit der Kraft ist diejenige, welche der Masse 1 *kg* die Beschleunigung 1 *m/sec* in der Sekunde erteilt. Den herkömmlichen Bezeichnungen gemäß ist sie als *Dezimegadyne* zu benennen. Sie schließt sich unmittelbar an die in der Elektrotechnik gebräuchlichen Einheiten an. So ist die Arbeit einer *Dezimegadyne* auf dem Wege 1 Meter = 1 *Joule* (= 1 *Volt-Coulomb*); die Leistung einer *Dezimegadyne* bei der Geschwindigkeit 1 *m/sec* = 1 *Watt* (= 1 *Volt-Ampere*). Versuche, diese Einheit ausschließlich zu benutzen[5]) (Einheit des Druckes z. B. wäre 1 *Dezimegadyne pro qm*), sind durchaus befriedigend ausgefallen. Es ist möglich, quantitative Beziehungen kurz und dennoch klar aus-

---

[1]) Beispielsweise fordert (laut Programm) die Maschineningenieur-Abteilung der technischen Hochschule Karlsruhe, daß der physikalische Unterricht in 4 Wochenstunden des ersten Studienjahres bewältigt werde (und zwar unter Voraussetzung keiner höheren Vorbildung als derjenigen, die am humanistischen Gymnasium erworben wird, was den Zulassungsbedingungen entspricht.

[2]) J. Frick-O. Lehmann, Physikalische Technik, 7. Aufl., Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, Vorrede zu Bd. II (1).

[3]) Ein solcher ist durchgeführt in meiner Bearbeitung von Müllers Grundriß der Physik, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 14. Aufl., 1896.

[4]) Siehe G. Mie, Lehrb. d. Elektrizität und des Magnetismus, Stuttgart, F. Enke, 1910, *S. 482*.

[5]) Siehe meine kleine Schrift: Die wichtigsten Begriffe und Gesetze der Physik, unter alleiniger Anwendung der gesetzlichen und der damit zusammenhängenden Maßeinheiten, Berlin, J. Springer, 1907, meinen Leitfaden der Physik, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1907, sowie Fricks Phys. Technik, 7. Aufl., wo alle Rechnungen in drei Maßsystemen ausgeführt sind.

zudrücken und umständliche Umrechnungen und Erklärungen zu vermeiden. Die Ergebnisse erscheinen (abgesehen von Kraft und Druck) zudem fast stets in den Maßen, welche auch im gewöhnlichen Leben und in der Technik benutzt werden. Unschön und überflüssig lang ist allerdings der Name „*Dezimegadyne*". Herr Oberbaurat C. Hochenegg in Wien, der bekannte hervorragende Elektrotechniker, machte mir gelegentlich brieflich den Vorschlag, die kürzere Bezeichnung „*Hertz*" zu wählen. Meines Wissens wird aber auch an österreichischen Mittelschulen, wo teilweise diese Einheit bereits eingeführt ist, noch heute die Bezeichnung „*Dezimegadyne*" gebraucht. Der Redakteur der französischen Zeitschrift „*La lumière électrique*", Graf R. de Baillehache, empfiehlt in einem längeren Artikel[1]) „*La fixation des unités par voie législative*" die Bezeichnung „*Cop*", abgekürzt aus Copernikus, welche Benennung jedenfalls den großen Vorzug der Kürze hat, oder die Bezeichnung „*Quintaldyne*", die gegenüber „*Dezimegadyne*" den Vorteil hätte, daß nicht der Eindruck erweckt wird, als sei die *Megadyne* die Grundeinheit der Kraft. Vorzuziehen wäre seiner Ansicht nach jedenfalls das Wort „*Cop*". „*Cop est un nom court, facile à retenir, ne donnant lieu à aucune confusion et se prononçant de la même manière dans toutes les langues. La grande vulgarisation du nom de l'immortel auteur du De orbium coelestium revolutionibus (1543) serait un juste hommage que tous les pays rendraient volontiers à sa mémoire. Aucune rivalité de nationalité ne serait à craindre. Copernic étant né polonais*". Als Abkürzungszeichen empfiehlt er für das *Cop*: *c*, für das *Centicop*: *cc*, für das *Decacop*: *dac*. Ein Druck von 1 *Decacop* pro *qcm* wäre die neue technische „Atmosphäre", die sich von der üblichen nur um 2% unterscheiden würde. Die eigentliche Druckeinheit 1 *Cop* pro *qm* wäre zu bezeichnen als *Decabarye* unter Beibehaltung der bisher vorgeschlagenen Benennung. Als kürzere Bezeichnung empfiehlt er 1 „*Tor*" (abgekürzt aus Toricelli).

Jedenfalls zeigen diese Vorschläge, daß man auch an andern Orten die *Decimegadyne* als brauchbare Krafteinheit befunden hat.

Fr. Emde[2]), Direktor des Elektrotechnischen Instituts in Stuttgart, hält vom Standpunkt der Elektrotechnik ein Maßsystem, in welchem die „*Tonne*" Masseneinheit und das Meter Längeneinheit ist, für das geeignetste. Dieser Wahl dürfte aber entgegenstehen, daß das *Kilogramm* bereits gesetzliche Einheit ist und die richtige Mitte hält zwischen den großen Einheiten, wie sie der Technik bequem sind, und den kleinen, deren die Physik und das gewöhnliche Leben bedarf.

Vielleicht geben diese Ausführungen Anlaß zu weiteren Versuchen und Äußerungen über die Brauchbarkeit der *Dezimegadyne*.

Referate.

Über die Genauigkeit neuzeitlicher Nonientheodolite.

Von K. Lüdemann. *Der Landmesser* **1.** *Heft 9—13. 1913.*

Der Verf. hat im Jahre 1907 ausführlich über seine Untersuchung eines 18 *cm*-Nonientheodolits von Hildebrand in Freiberg berichtet, Klempau ebenso 1912 über ein gleichgroßes Instrument von Rosenberg in Berlin; die vorliegende Mitteilung von Lüdemann enthält die Ergebnisse der Untersuchung eines dritten Theodolits derselben Art und Größe von Hildebrand, über dessen Nonien aber kräftige Mikroskoplupen gesetzt sind, und eines kleineren Theodolits mit Höhenkreis von demselben Verfertiger.

[1]) R. de Baillehache, *Rev. gén. des sciences* **24.** *S. 17. 1913.*

[2]) Fr. Emde, Handwörterbuch der Naturwissenschaften, *3. Bd. S. 273. 1912.*

Der 18 *cm*-Theodolit (Repetitionstheodolit Nr. 10786, 1911) hat $^1/_6{}^0$-Teilung und 10″-Nonien, an denen aber mit Hilfe der 17fach vergrößernden Mikroskoplupen leicht auf 2″ geschätzt werden kann. Der mittlere „Ablesefehler“ an einem Nonius zeigt sich denn auch auffallend gering, im Durchschnitt nicht einmal ± 2″. Der Knickungswinkel zwischen den zwei Nonius-null-Halbmessern ist nur rund 6″, und die Zentrierung der Alhidade ist ausgezeichnet, die Exzentrizitätsstrecke etwa 1,2 μ. Die Untersuchung der Teilung ergab als mittleren Gesamtfehler eines Teilstrichs ± 1,08″ (Durchmesserfehler ± 0,76″); davon ist fast der ganze Betrag dem regelmäßigen (periodischen) Fehler zuzuschreiben, der durch die Anordnung der Messungen unschädlich gemacht werden kann. Die Achsen der Alhidade und des Limbus schließen einen Winkel von 1,6″ ein, und ähnliche Vollkommenheit zeigen auch die übrigen noch untersuchten Einrichtungen des Instruments.

Das kleine Instrument mit $14^1/_2$ *cm* Horizontal- und 11 *cm* Höhenkreis (ebenfalls Repetitionstheodolit, Nr. 11347, 1912 bezogen) gibt durch Nonien am ersten Kreis ($^1/_4{}^0$-Teilung) 20″, am Höhenkreis 30″; die Nonienlupen haben je 8fache Vergrößerung. Das Instrument zeigt, seinen Abmessungen entsprechend, größere Fehler als das vorige, die aber doch noch ganz überraschend gering bleiben. Der Verf. macht denn auch abermals darauf aufmerksam, „wie sehr man den mittleren Ablesefehler an Nonientheodoliten verschiedener Kreisgröße überschätzt hat“, und betont in der Bewertung der Leistungsfähigkeit dieser Hildebrandschen Nonientheodolite, daß selbst kleine Instrumente in wenigen Sätzen oder Repetitionen die z. B. für die Kleindreiecks-Messungen des Feldmessers und selbst des „Stadtlandmessers“, wie des Ingenieurs bei Triangulationen zu Bauzwecken erforderliche Genauigkeit liefern. Der Nonius ist, wie auch der Ref. hier schon des öfteren betont hat, in Beziehung auf die mit ihm erreichbare Genauigkeit weit besser als sein Ruf, und man sollte in der Tat die *Nonien*-Theodolite, die man doch bei der Zugmessung jedenfalls wird verwenden wollen, „gegenüber den Instrumenten mit Mikroskopeinrichtungen nicht allzu sehr zurücksetzen“; dabei besteht für den Nonius der große Vorzug der Unveränderlichkeit und *Unverletzlichkeit*, wenn er bei verlangter *sehr scharfer* Ablesung auch etwas mehr Mühe macht als z. B. das Schraubenmikroskop. Was die vom Verf. gestreifte „Sperrigkeit“ der Mikroskoplupen betrifft, die Hildebrand bei feineren Nonieninstrumenten gerne verwendet, so sei hier auch nochmals an die kräftigen sehr *kurzen* Mikroskoplupen erinnert, die neuerdings Hensoldt in Wetzlar herstellt.

Hammer.

Über die Untersuchung von Längenteilungen.

Von H. Bruns. *Ber. über d. Verhandl. d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch.* **64.** *S. 63. 1912.*

Zwei Maßstäbe mit gleichen Teilungsintervallen werden mit den Längskanten so aneinander gelegt, daß eine Anzahl Striche beider Maßstäbe möglichst genau gegenüberstehen. Längs der Berührungskanten beider Maßstäbe ist ein Mikrometer verschiebbar angeordnet, das die Differenzen von je zwei gegenüberstehenden Strichen in der Teilungsrichtung zu messen gestattet. Hat ein Maßstab m Teilungsintervalle, der andere n, so sind insgesamt $m + n - 1$ verschiedene gegenseitige Lagen möglich, zu denen $m \cdot n$ Strichvergleichungen gehören. Enthalten die Maßstäbe sehr viele Striche, so wird eine Auswahl getroffen, und die übrigen Teilstriche werden nachträglich „eingehängt“, oder es tritt eine Skalenzerlegung ein, indem die einzelnen Abschnitte der Teilung für sich in dieser Weise untersucht werden. Aus den Differenzen benachbarter Strichvergleichungen erhält man Intervallvergleichungen, welche der Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate so unterworfen werden, als ob sie gegenseitig unabhängige Messungsergebnisse darstellten. Das ist nicht ganz streng, doch fallen dadurch die $m + n - 1$ unbekannten Größen aus der Rechnung heraus, die man etwa auffassen kann als die zu jeder einzelnen Maßstabslage gehörigen zufälligen Entfernungen zwischen den Nullpunkten beider Teilungen. „Als Empfehlung dieses Weges dient die einleuchtende Bemerkung, daß der auftretende Gewichtsverlust mehr als wett gemacht werde, wenn man die bei der Rechenarbeit gewonnene Zeit zur Vermehrung der Ablesungen verwende.“ Bruns führt folgerichtig auch (vorübergehend) Intervallfehler an Stelle von Strich

fehlern ein. Die Gewichte der auftretenden Größen werden berechnet, ebenso der mittlere Fehler einer Strichvergleichung aus den übrigbleibenden Beobachtungsfehlern nach der Ausgleichung. *G. F.*

Bemerkungen über die Untersuchung von Kreisteilungen.

Von H. Bruns. *Ber. über d. Verhandl. d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch.* **64.** *S. 82. 1912.*

Es werden theoretische Untersuchungen und Vorschriften für die Prüfung eines von Heyde in Dresden automatisch geteilten Kreises gegeben, die aber auch allgemein gültig sind. Die vom Verfasser schon früher entwickelte Rosettenmethode wird wieder zugrunde gelegt. Der Teilkreisprüfer enthält 10 Mikroskope, so daß in Rosetten, die 10 oder weniger (allgemein n) Teilstriche umfassen, sämtliche Teilstriche gleichzeitig eingestellt werden können. Diese Einstellungen werden in allen n verschiedenen Kombinationen ausgeführt, in denen die Mikroskope den Rosettenstrichen zugeordnet werden können, so daß n^2 Ablesungen zu einer Strichrosette gehören. Eine solche Messungsanordnung, zugleich mit der Anwendung von mehr als 4 Mikroskopen, gestattet, die Exzentrizität des Kreises in jeder Kreislage einzeln zu ermitteln. Es ist daher möglich, auch nach der üblichen Rosettenmethode, direkt Strichfehler zu bestimmen. Es ändert sich nämlich die Exzentrizität des Kreises (wie auch anderwärts festgestellt wurde) bei jeder Neueinstellung des Kreises infolge Schlotterns der Achse (Achsenluft). Mit der Zahl der Mikroskope kann man nicht gut über 10 hinausgehen, so daß nur eine beschränkte Anzahl von Strichrosetten nach dieser Methode meßbar ist.

Der Rechnungsgang wird ausführlich angegeben und durch ein Beispiel erläutert. Die Abhandlung schließt mit einer Bemerkung über die Untersuchung von Meridiankreisen. Die Durchbiegung wird in Form einer Fourierschen Reihe eingeführt.

Eine Teilkreis-Untersuchung nach dem angegebenen Verfahren wird von dem Herrn Spanuth ausgeführt. *G. F.*

Bestimmung des regelmäßigen und des mittleren zufälligen Durchmesser-Teilungsfehlers bei Kreisen von Theodoliten und Universalinstrumenten.

Von Hk. I. Heuvelink. *Zeitschr. f. Vermess.* **47.** *S. 441. 1913.*

Die Kreisteilungsfehler werden aus Winkelmessungen hergeleitet. Ein Winkel von 45° ist in 36 verschiedenen Kreisstellungen je zweimal gemessen worden. In üblicher Weise werden die systematischen Durchmesserkorrektionen in Form einer trigonometrischen Reihe in die Rechnung eingeführt. Die nach einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate übrigbleibenden Widersprüche in den Messungen setzen sich zusammen aus zufälligen Durchmesserfehlern und Beobachtungsfehlern. Letztere sind für sich allein bestimmbar aus den doppelten Messungen in je einer Kreislage. Die ganze Untersuchungsarbeit ist an *einem* Tage ausgeführt worden. Eine gründliche und vollständige Teilkreis-Untersuchung ist in so kurzer Zeit natürlich nicht zu erhalten. Der mittlere zufällige Teilungsfehler, so, wie er in einen Durchmesser eingeht, ist $\pm 0{,}16''$, und die Amplituden der drei ersten Fourierschen Glieder der systematischen oder periodischen Durchmesserkorrektionen sind: $0{,}138'' \pm 0{,}090''$, $0{,}125'' \pm 0{,}064''$, $0{,}066'' \pm 0{,}090''$. (Die mittleren Fehler sind nur hier zugesetzt, in der Heuvelinkschen Abhandlung fehlen sie.) Der untersuchte Kreis ist von der Firma Hildebrand in Freiberg i. S. geteilt worden. Eine beigefügte Tabelle enthält die mittleren zufälligen Teilungsfehler von anderen (insgesamt 45) Kreisteilungsuntersuchungen. *G. F.*

Ein Mikromanometer.

Von J. D. Fry. *Phil. Mag.* **25.** *S. 494. 1913.*

Das Mikromanometer ist ein Membran-Manometer, welches für die Messung kleiner Druckunterschiede bei *Atmosphärendruck* bestimmt ist. Für die empfindlichsten Instrumente wird eine als „Badische“ bezeichnete tierische Membran benutzt, deren Dicke nur etwa 0,001 *cm* betragen soll. Die Membran wird feucht zwischen zwei Ringe gebracht und spannt

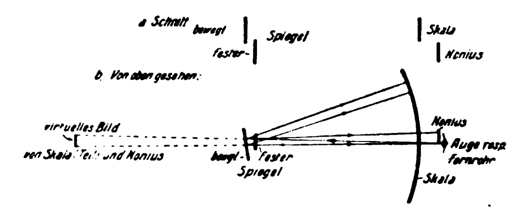
sich selbst beim Trocknen; alsdann wird sie durch Bestreichen mit einem Petroleumlack gegen Luft undurchlässig gemacht. — Die Durchbiegungen der Membran werden durch Spiegelübertragung vergrößert.

Der kleinste mit dem Manometer noch wahrnehmbare Druck wird vom Verf. zu 0,001 *Dyn/cm*², d. h. also von der Größenordnung von $1 \cdot 10^{-6}$ *mm* Hg angegeben, gegenüber 0,01 *Dyn/cm*² des Membran-Manometers von Scheel und Heuse (Verf. nennt irrtümlich nur 0,1 *Dyn/cm*²). Eine solche Gegenüberstellung beider Instrumente ist aber irreführend, denn das Manometer von Scheel und Heuse ist noch im niedrigsten Vakuum verwendbar, wo das Manometer des Verf. versagen muß, weil bei der dann notwendig werdenden Trockenheit des Meßraumes die von ihm verwendete tierische Membran auch bei Lacküberzug gasdurchlässig werden würde. *Schl.*

Verfeinerung bzw. Vereinfachung der Spiegelablesung.

Von J. Ludwig. *Physikal. Zeitschr.* **14.** *S. 557. 1913.*

Die Fernrohr-Ablesung wird dadurch verfeinert, daß man zugleich mit dem Spiegelbilde der Skala das eines zu dieser passenden Nonius beobachtet. Zu dem Zweck stellt man etwa, wie aus der Skizze hervorgeht, einen festen Spiegel, etwas geneigt und gegen den beweglichen Spiegel versetzt, so auf, daß das im festen Spiegel erzeugte Noniusbild ebensoweit vom Auge entfernt ist als das im beweglichen gesehene Skalenbild, und daß zwischen beiden eine linienartige Grenze erscheint. Auf diese Weise soll es möglich sein, bei Verkürzung des Skalenabstandes ohne Fernrohr ebenso genau zu beobachten wie sonst mit Fernrohr ohne Nonius. *Berndt.*



Über Spektrographenobjektive.

Von K. Schwarzschild. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1912. S. 1220.*

Für gewisse Aufgaben der Mikrophotographie werden Kameraobjektive von großem Öffnungsverhältnis und höchster Schärfe der Abbildung gebraucht. Die besten Typen der photographischen Objektive genügen nur bis zu einem Öffnungsverhältnis von 1 : 5. Verf. hat sich nun die Aufgabe gestellt, durch Beschränkung auf die notwendig zu erfüllenden Bedingungen das Öffnungsverhältnis zu steigern. Diese Bedingungen sind die Aufhebung der sphärischen Aberration und der Koma sowie die Herbeiführung einer bestimmten tangentialen Bildwölbung; dagegen braucht das Objektiv nicht frei von Chromasie und Astigmatismus zu sein.

Zunächst wird die Forderung betreffend die tangentiale Bildwölbung näherungsweise behandelt. Die Ablenkung des Prismensystems, die Brennweite und die Schnittweite des Objektivs werden durch eine Potenzreihe nach der Dispersion dargestellt und die gesuchte tangentiale Bildwölbung und die Plattenneigung in der Achse als Funktionen der Koeffizienten der Potenzreihen abgeleitet. Die mangelnde Achromasie des Kollimatorobjektivs wird als weniger wichtig nicht berücksichtigt. Es wird für einige Beispiele (Spektrograph mit 1 und 3 Prismen und Objektivsystem von verschwindender Dicke, bei dem die notwendige tangentiale Bildwölbung nicht verwirklicht werden kann) die Plattenneigung ausgerechnet. Bei 1 bzw. 3 Prismen aus Schwerflint und Objektiv aus demselben Glase erhält man eine Plattenneigung von 33,7 bzw. 12,5°. Bei Verwendung von Kronglas für das Objektiv kann man bei einem Prisma die Plattenneigung auf den brauchbaren Wert von 16,1° herabdrücken.

Verf. entwickelt dann die Formeln für die Berechnung eines Systems aus 2 dünnen Linsen derselben Glasart in endlichem Abstand. Die Formeln werden wesentlich einfacher,

wenn man zunächst auf die Aufhebung der sphärischen Aberration verzichtet. Für 8 Systeme mit verschiedener Brennweite der Vorderlinse und verschiedenem Linsenabstand hat Verf. die Krümmungen und die übrigbleibende sphärische Abweichung mitgeteilt. Die sphärische Abweichung hätte bei dem günstigsten System durch Deformation beseitigt werden können, da sie für eine Brennweite von 100 *mm* und 1/4 Öffnungsverhältnis nur 16 μ beträgt. Verf. zieht es aber vor, die Beseitigung der sphärischen Aberration durch Spaltung der Hinterlinse in zwei zu erreichen. Der Blendenort war bei den Rechnungen in diese Linse verlegt worden. Ersetzt man diese dünne Linse durch ein beliebiges dünnes Linsensystem der gleichen Brennweite, so bleibt die Bildwölbung ungeändert. Wählt man das Ersatzsystem so, daß auch die sphärische Abweichung gehoben ist, so kann das ganze System mit beliebigem Blendenort benutzt werden.

Bei der Behandlung war zunächst die Forderung der Aufhebung der tangentialen Bildwölbung zugrunde gelegt. So ist Verf. auch tatsächlich vorgegangen, da er erst im Laufe der Untersuchung bemerkte, daß, wie oben auseinandergesetzt ist, ein endlicher Wert der Bildwölbung gefordert wird. Der Umweg schien ihm aber zur Charakterisierung des Problems von Bedeutung. Die Formeln werden nun entsprechend abgeändert. Das Resultat ist ein Objektiv aus 3 Schwerflintlinsen, das nach der definitiven Korrektion auf Grund der trigonometrischen Durchrechnung im Zeisswerk in der Ausführung für einen Spektrographen mit 3 Schwerflintprismen bei 180 *mm* Brennweite und 40 *mm* Öffnung folgende Leistung zeigt: Die Zonen der sphärischen Abweichung und die Abweichung von der nötigen Bildwölbung sind praktisch bedeutungslos. Das Spektrum wird von der Wellenlänge 3850 Å.-E. bis 5600 Å.-E. scharf abgebildet. Verf. meint, daß es nicht schwer sein würde, das Öffnungsverhältnis bis zum Betrage von 1:3,5 zu steigern. *A. K.*

Nitometer, ein Apparat zur schnellen Messung des Glanzes einer leuchtenden Fläche.

Von A. Blondel. *Compt. rend.* ***156.*** *S. 1230. 1913.*

Der Verf. zieht es vor, die Flächenhelle als Glanz (*brillance*) zu bezeichnen, und leitet deshalb auch den Namen des von ihm zur Bestimmung der Flächenhelle von Lichtquellen konstruierten Apparates von *nitere* = blinken, glänzen ab, es wäre deshalb die Bezeichnung *Nitormeter* vielleicht richtiger.

Von der zu untersuchenden Lichtquelle wird durch ein Objektiv mit einer Vergrößerung ungefähr gleich der Einheit auf einen Papierschirm oder eine Milchglasplatte Licht geworfen. Als Vergleichsfläche dient ein zweiter, rechtwinklig dazu aufgestellter Diffusionsschirm, der durch eine fadenförmige Glühlampe beleuchtet wird. Die Vergleichung geschieht mittels eines Lummer-Brodhunschen Prismenpaares, welches auf der Hypotenusenfläche einen versilberten Streifen zur Reflexion der Vergleichsfläche besitzt.

Die eigentliche Messung geschieht, abgesehen von Rauchgläsern, die eingeschaltet werden können, durch Abblendung des das Bild der zu messenden Lichtquelle entwerfenden Objektives. Diese Abblendung geschieht durch einen Spalt, dessen Weite mikrometrisch verstellbar und meßbar ist. Wenn Sorge dafür getragen wird, daß das vom Objektiv kommende, das Bild auf dem Schirm erzeugende Strahlenbündel am Orte des Spaltes stets größere Dimensionen hat als die Spaltöffnung, so ist die Flächenhelle des Bildes stets proportional der Fläche der Spaltöffnung und umgekehrt proportional der Entfernung des Spaltes von der Bildebene.

Als Mikronitometer bezeichnet Blondel ein Instrument, durch welches mit Hilfe eines schwach vergrößernden Mikroskopes unmittelbar die Flächenhellen einzelner kleiner Abschnitte zweier Lichtquellen miteinander verglichen werden können. Das beschriebene Instrument wird zu einem Mikronitometer, wenn die Diffusionsschirme entfernt und durch das Mikroskop das Luftbild der Lichtquelle beobachtet wird. Dieses muß dann selbstverständlich in der gleichen Entfernung vom Objektiv des Mikroskopes entworfen werden, in der sich die durch das Lummer-Brodhun-Prisma gespiegelte Vergleichs-Lichtquelle befindet. Man kann so die

Flächenhelle (oder den Glanz) verschiedener Glühlampenfäden etwa mit demjenigen des Fadens einer Nernstlampe vergleichen. *H. Krüss.*

Ein neues Verfahren für die Spektral- und Polarisationsphotometrie der photographisch wirksamen Strahlen.

Von D. A. Goldhammer. *Physikal. Zeitschr.* ***14.*** *S. 388. 1913.*

In dem König-Martensschen Spektralphotometer treten die aus zwei Eintrittsspalten kommenden Strahlen aus dem Zwillingsprisma als acht Bündel von parallelen Strahlen aus, die gegen die optische Achse des Apparates verschieden geneigt sind. Zwei mittlere derselben werden durch ein Zwillingsprisma so vereinigt, daß sie zwei sich auf der Achse deckende Bilder der beiden Eintrittsspalten erzeugen, so daß das durch einen Okularspalt blickende Auge die eine Hälfte des Zwillingsprismas nur von dem Lichte des einen Eintrittsspaltes erleuchtet sieht, die andere von dem anderen Spalt, und daß die Trennungslinie zwischen den beiden Hälften verschwindet, wenn die beiden Prismenhälften gleich hell sind.

Der Verf. schaltet nun zwischen das Zwillingsprisma und die Projektionslinse einen Streifenkompensator nach Babinet ein. Dann erscheint das ganze Gesichtsfeld von Interferenzstreifen durchzogen, und zwar sind diese Streifen in den beiden Hälften des Gesichtsfeldes um den halben Abstand von zwei schwarzen Streifen gegeneinander verschoben. Zu beiden Seiten der Minima muß demnach die Streifenhelligkeit in den beiden Gesichtsfeld-Hälften dieselbe sein, und für diese Stellen muß die Trennungslinie der beiden Felder, d. h. die Kante des Zwillingsprismas, verschwinden.

Das Verhältnis der Helligkeiten der beiden Eintrittsspalte ist gleich den Tangentenquadraten der halben Phasendifferenz; letztere aber ist in einfachster Weise aus dem Streifenabstande zu berechnen. Es handelt sich also um Ausmessen des Streifenabstandes, welches mit einem Okularmikrometer geschehen kann. Bequemer ist es aber, die Streifenbilder zu photographieren und die Messungen auf den Photogrammen vorzunehmen. Diese Eigentümlichkeit der Methode gestattet auch ihre Anwendung zur Photometrie ultravioletter Strahlen.

Der Apparat läßt sich auch zu polarimetrischen Messungen verwenden, indem nach Drehung des ganzen Apparates um 45 Grad ein zweites Streifenbild erzeugt wird mit anderem Streifenabstand. Aus diesen beiden Daten lassen sich, wie Verf. zeigt, die Drehung der Polarisationsebene und bei elliptisch polarisiertem Licht Lage und Größe der Achsen der Ellipse berechnen.

In bezug auf Genauigkeit steht diese Methode den üblichen nicht nach. Die ausführliche mathematische Ableitung der Verhältnisse, welche der Benutzung des Apparates zugrunde liegen, und der Bericht über eine experimentelle Prüfung der Methode müssen im Original nachgelesen werden. *H. Krüss.*

Über Elektrometer von hoher Empfindlichkeit.

Von C. Müllу. *Physikal. Zeitschr.* ***14.*** *S. 237. 1913.*

Dem hochempfindlichen Quadrant-Elektrometer liegt die Konstruktion von A. Kleiner (*Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich 1906, S. 126*) zugrunde. Bei den gewöhnlichen Instrumenten ist die Herabsetzung der Richtkraft durch Verwendung dünner Aufhängedrähte von 3—7 μ Dicke wegen des großen Trägheitsmomentes der Nadel und der dadurch bedingten großen Schwingungsdauer und Dämpfung nicht möglich. Um das zu vermeiden, werden die Nadelflügel herabgebogen (s. Fig. 1) und der Hohlraum der Quadranten vertikal gestellt (s. Fig. 2). Die größte Empfindlichkeit wurde bei folgenden Dimensionen erzielt, die auf 0,1 *mm* einzuhalten sind, um die Symmetrie der Ausschläge zu bewahren:

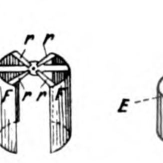


Fig. 1.

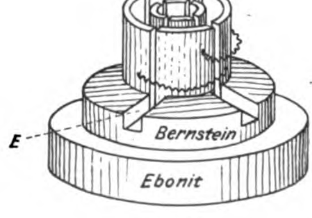


Fig. 2.

Quadranten: Höhe 12 *mm*, äußerer Durchmesser der inneren 8 *mm*, innerer Durchmesser der äußeren 16 *mm*.
Nadel: Durchmesser 12 *mm*, Dicke 0,05 *mm* (Al-Blech).

Die Nadel wird mit Hilfe von Scheibchen und Schraubenmutter an dem Aufhängedraht befestigt. Letztere erhält ein Gewicht von 0,2—0,3 *g*, um zu verhindern, daß die Nadel an die Quadranten herangezogen wird. Der Spiegel besteht aus 0,1 *mm* dickem Deckglas von etwa 1 *qcm* Oberfläche. Als Elektrometergestell kann das eines Dolezalek-Instrumentes dienen, welches mit einer Schraube zur Höhenregulierung der Nadel und mit zwei Tangentialschrauben zu ihrer symmetrischen Einstellung versehen ist. Das Gewinde der Fußschrauben muß genügend fein sein, um die Nadel innerhalb 0,1 *mm* verschieben zu können. Die gesamte Isolation erfolgt durch Bernstein. Die Kapazität beträgt 1—2 *cm*; die Empfindlichkeit hängt von der Dicke des Aufhängefadens und dem Nadelpotential ab, und zwar wächst sie rascher als der direkten Proportionalität entsprechen würde (s. Fig. 3, die sich auf einen Faden von 5 μ Dicke bezieht); sie kann ferner etwas durch Heben und Senken der Nadel variiert werden. Sie beträgt z. B. bei einem Faden von 5 μ Dicke 105 *Volt* Nadelladung und 3 *m* Skalenabstand 45000 *Skt/Volt*. Noch größere Ausschläge lassen sich zeitweise erreichen, aber nur auf Kosten der Konstanz der Ruhelage und der Empfindlichkeit, die bei dem vorher angegebenen Wert noch sehr gut ist. Dabei kommt die Nadel nach drei Schwingungen zur Ruhe bei einer Schwingungsdauer von 10—17 *sec*. Selbstverständlich ist das Instrument gegen ungleiche Bestrahlung zu schützen. Als Anwendungen werden beschrieben die Bestimmung der Inklination mit dem Erdinduktor und der Nachweis der elektrischen Kraft in ungeschlossenen Leitern, die durch magnetische Schiebungsströme hervorgerufen wird. *Berndt.*

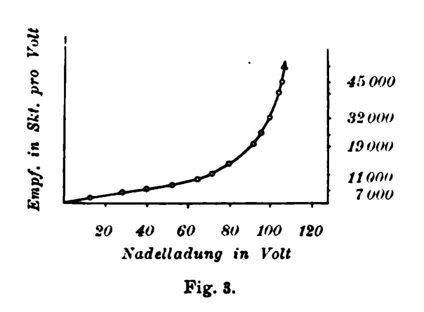


Fig. 3.

Bücherbesprechungen.

W. Bowie, *The Texas-California Arc of primary triangulation. (Spec. Publication No. 11 des Coast and Geodetic Survey.)* 4°. 141 S. m. 18 Taf. und Indexkarten. Washington 1912.

Diese Veröffentlichung des „*Coast and Geodetic Survey*“ der Vereinigten Staaten soll auch hier mit einigen Worten angezeigt werden, obwohl sie, dem nicht großen Umfang entsprechend, die für die Haupttriangulationen daselbst zurzeit üblichen *instrumentellen* Einrichtungen nur verhältnißmäßig kurz beschreibt; sie ist nämlich als Beitrag zur Gesamttechnik der Triangulierung I. O. sehr wichtig.

Die Dreieckskette verbindet, etwa entlang dem Parallel 33° und bei 18½° Längenunterschied des östlichsten und westlichsten Punkts, eine Seite der Triangulation entlang dem Meridian 98° w. Greenwich mit einer Seite des südkalifornischen Netzes; sie ist gegen 2000 *km* lang, enthält 115 Horizontal-Winkelmessungsstationen und stützt sich auf 5 Grundlinien. Die Horizontalwinkel-Messung wurde in der Form von Richtungsbeobachtungen mit einem 12zölligen (30 *cm*) Theodolit mit 3 Schraubenmikroskopen ausgeführt. Der Kreis ist in $^1/_{12}$° geteilt, und die Mikroskope werden auf 1″ abgelesen; das Fernrohr ist mit Beleuchtungsvorrichtung für die Fäden bei Nachtbeobachtungen versehen, hat 61 *mm* Öffnung und 74 *cm* Fokus. Das abgebildete Instrument ist in der Instrumentenabteilung des *Survey* gebaut und im *Report* für 1904 ausführlicher beschrieben. Der doppelte Vertikalfaden im Okular mit 20″ Zwischenraum wurde von den zwei Beobachtern sowohl dem sonst vielfach in Amerika üblichen geneigt liegenden Fadenkreuz als dem einfachen Vertikalfaden vorgezogen. Jede Richtung im Hauptnetz ist 16 mal beobachtet (eine Messung in jeder Lage des Fernrohrs zusammen als eine Beobachtung angesehen), und zwar bei 16 verschiedenen Lagen des

Kreisnullpunkts. Neben diesem Azimutalkreis als Haupt-Triangulationsinstrument ist zur Messung der Zenitdistanzen ein besonderer, ebenfalls abgebildeter, Höhenkreis mitgeführt und verwendet worden, der durch vier Nonien abzulesen ist. Die weitern Abbildungen von Instrumenten und Messungseinrichtungen beziehen sich auf Signalbauten (ein 60-*feet*-Signal wird abgebildet, ferner das von der Triangulation im Meridian 98° her bekannte hohe Signal auf dem Dreieckspunkt Burson), dann auf das „Box"-Heliotrop und auf zwei Azetylenlampen (großes und kleines Modell; es sind Tag- und Nachtbeobachtungen gemacht worden), endlich auf die normalen oberirdischen und versenkten Marken zur Bezeichnung der Dreieckspunkte. Die ganze Messung ist in drei Kampagnen von zwei Beobachtern durchgeführt worden (s. u.): Bowie hat nicht ganz die Hälfte der Beobachtungen der 1. Abteilung, Hill den Rest der Beobachtungen in der 1., sowie die in der 2. und 3. Abteilung gemacht. Der erste Abschnitt gehörte welligem Flachland, der zweite und dritte dem Bergland an, und es zeigte sich auch hier wieder, in dem gegen Westen abnehmenden m. F. der Messungen, wie viel günstiger ein Gebirgsland für genaue Triangulationsarbeiten ist im Vergleich mit der Ebene oder schwachwelligem Gelände. Der sogenannte wahrscheinliche Fehler einer beobachteten Richtung beträgt nach der Netzausgleichung in den verschiedenen Teilen des Netzes $\pm 0{,}28''$ bis $0{,}37''$, im Durchschnitt $0{,}33''$, ist also dem in der Triangulation entlang dem Meridian 98° erreichten gleich und geringer als bei der transkontinentalen Triangulation (Parallel 39°) und bei dem östlichen schiefen Bogen der Union. Bemerkenswert ist auch hier der im allgemeinen sehr geringe Schlußfehler *großer* Dreiecke. Es sind z. T. — allerdings neben weit mehr *kleinen* Dreiecken — sehr große Dreiecke angewandt worden, besonders gegen Westen hin: mehr als 25″ Exzeß haben im ganzen 16 Dreiecke (die zwei größten mit 42,49″ und 42,32″; die zwei längsten Dreiecksseiten sind rund 208 und 197 *km* lang). Unter ihnen findet sich nur einmal ein großer Schlußfehler (— 2,08″), in den übrigen 15 Dreiecken aber erhebt sich der Schlußfehler nur noch in zwei Fällen über 1″, im allgemeinen ist er in diesen großen Dreiecken klein, in den 16 angeführten Dreiecken ($\varepsilon > 25''$) *durchschnittlich* 0,57″. Ein besonders merkwürdiger Fall von Seitenrefraktion mag noch angeführt sein, weil er von allgemeinem Interesse sein wird. Die Seite Clayton-Kennard von etwa 32 *km* Länge geht 4 *km* von Clayton, 28 *km* von Kennard, sehr nahe an dem steilen Abhang eines Tafelbergs vorüber. In Clayton sind die üblichen je 16 Richtungsbeobachtungen dieser Zielung zu fünf verschiedenen Zeiten gemacht worden, bei stets recht gutem Licht von Kennard; die Abweichungen jeder dieser fünf Messungen in sich waren ganz befriedigend, aber die extremen Werte der Mittel aus den fünf Reihen wichen um 7,7″ voneinander ab! Dabei gaben die Messungen, bei denen der Wind vom Berg herab quer zur Zielung ging, ganz schlechte Schlüsse der Dreiecke mit Clayton-Kennard als Seite, die Messungen dagegen, die bei gegen den Berg hin gerichtetem Querwind gemacht wurden, schlossen diese Dreiecke befriedigend.

Die hier angezeigte Triangulation ist ein Unikum, weil sie bei sehr guter Genauigkeit mit außerordentlich geringen Kosten (wahrscheinlich geringer als bisher in irgend einer Triangulation) und in ganz auffallend geringer Zeit durchgeführt worden ist. Als Beispiele dafür seien angeführt, daß Bowie an 27 aufeinanderfolgenden Tagen des Dezembers 1908 12 Dreieckspunkte und ebenso Hill an 25 aufeinanderfolgenden Tagen im Februar und März 1909 12 Stationen vollständig erledigte; in der Liste der Dreieckspunkte sind unter 93 Punkten (worunter auf 24 auch direkte Azimute „astronomisch" gemessen sind) nicht weniger als 39, auf welchem die Messung in je *einem* Tag absolviert werden konnte. Gewiß ein auch bei günstigen atmosphärischen Bedingungen noch nie dagewesener Fall.

Hammer.

O. H. Tittmann, *Geodetic Operations in the United States 1909—1912. (Report to the 17th General Conference of the Internat. Geod. Assoc.).* 4°. 18 S. m. 2 Taf. Washington, Government Printing Office 1912.

Diese kurze Übersicht über die geodätischen Arbeiten in den Vereinigten Staaten (Haupttriangulation und Basismessung; Feinnivellierung; direkte geographische Orts-

bestimmungen; Schweremessungen; Untersuchungen über die Wirkung der topographischen Oberflächengestaltung und der isostatischen Kompensation auf die Schwerkraftsintensität) in den letzten drei Jahren, die der Direktor des *U. S. Coast and Geodetic Survey* der vorjährigen Erdmessungsversammlung vorgelegt hat, in dieser Zeitschrift zu besprechen, ist Veranlassung gegeben durch die ziemlich eingehende Beschreibung eines neuen photographischen Zenitrohres. Schon auf der Erdmessungsversammlung von 1909 wurde das Projekt eines solchen neuen photographischen Instruments für die feinsten direkten Polhöhenbestimmungen von Dr. Frank E. Roß vorgelegt. Das Instrument war für die eine der amerikanischen Polhöhenstationen (Gaithersburg) auf dem nördlichen internationalen Breitenparallel, 39° 8', bestimmt. Der Zweck des Instruments sollte sein: 1. Verschärfung der Genauigkeit der Polhöhenmessung und 2., noch wichtiger, die Möglichkeit der Vergleichung der Ergebnisse dieser photographischen Breitenmessung mit den Ergebnissen des daneben aufgestellten und gleichzeitig zu benutzenden visuellen Zenitteleskops mit Rücksicht auf die Kurve der Polhöhenvariation, die Aberrationskonstante usf. Im April 1910 wurde die Ausführung des Instruments der Firma Will. Gaertner & Co. in Chicago in Auftrag gegeben, und im Mai 1911 wurde es in Gaithersburg aufgestellt. Vom Juni 1911 bis Juli 1912 sind, unter mehrfachen Abänderungen von Einrichtungen des Instruments, etwa 2000 Sterne photographisch aufgenommen worden bei im ganzen ungewöhnlich schlechtem Wetter. Die Platten sind alle zweimal ausgemessen.

Das Instrument wird als die photographische Abänderung des Greenwicher visuellen Zenitfernrohrs bezeichnet, das George B. Airy 1854 beschrieben hat. Das photographische Objektiv, von Dr. Lunn berechnet und von Petitdidier ausgeführt, hat 20 *cm* freie Öffnung und 5,17 *m* Fokallänge. Bei Instrumenten dieser Art kann die Libelle ganz oder teilweise ausgeschaltet sein; im ersten Fall muß der zweite Gaußsche Punkt des Objektivs genau in die photographische Schicht der Platte fallen. Um dies hier zu erreichen, mußte die Flintlinse des Objektivs nach außen angeordnet und 2 *cm* Zwischenraum zwischen den Linsen gelassen werden. Der Quecksilberhorizont in der halben Brennweite unter dem Objektiv bestimmt statt der Libelle die Richtung der Vertikalen; er hat 25 *cm* Durchmesser und bis 1 *cm* Quecksilbertiefe; er schwimmt selbst wieder auf einer Quecksilberschicht, wodurch der Einfluß der Erschütterungen sehr vermindert wurde. Das Rohr oder die Tragsäule des Instruments aus Gußeisen, oben 35 *cm*, unten 100 *cm* Durchmesser, wiegt etwa 1000 *kg*. Damit punktförmige Sternbilder entstehen, muß die photographische Platte der täglichen Bewegung der Zenitsterne folgen; der Plattenhalter verschiebt sich deshalb, durch ein Uhrwerk getrieben, während jeder Beobachtung um 16 *mm* nach Osten und geht unmittelbar nachher zurück; innerhalb jeder Beobachtung muß Objektiv und Platte um 180° gedreht werden. Man erhält automatisch 6 Bilder von jedem Stern, 3 vor dem, 3 nach dem Meridiandurchgang; die 3 Punktbilder jeder Seite entsprechen je 3 Sekunden Zwischenzeit, zwischen beiden Reihen liegen 11 Sekunden, innerhalb deren die Objektivdrehung vor sich geht; 54 Sekunden vor dem Meridiandurchgang des Sterns beginnt die Bewegung des Plattenrahmens. Die Zeit liefert eine astronomische Uhr von Straßer & Rohde, deren Stände durch die allnächtliche Beobachtung eines Zenitsterns mit dem visuellen Instrument im anstoßenden Zimmer sich ergeben. Eine vollständige Beobachtung eines Zeitsterns beansprucht weniger als 2 Minuten Zeit, und der „Beobachter“ hat dabei sehr wenig zu tun, so daß 30 Sterne in der Stunde erledigt werden können. Die Fig. 1 gibt die Ansicht des obern Endes des Instruments. Die zwei Ablesemikroskope verbürgen die Drehung des Objektivs um genau 180°; für je 6″ Abweichung von diesem Wert bei der Drehung ist eine Korrektion von 0,01″ am Ergebnis der Polhöhenmessung anzubringen, die Mikroskope sind aber nur *einmal* in jeder Nacht abzulesen. Die Quecksilberoberfläche muß vom Objektiv konstanten Abstand haben; die entsprechende Prüf- und Justiervorrichtung wird beschrieben. Das Instrument ist in einem 4 × 4 *m* großen Raum aufgestellt; ein kurzer Gang führt zu dem 5,6 *m* genau westlich davon aufgestellten visuellen Instrument.

Das Sternprogramm umfaßt 7 Gruppen von je 6 bis 12 Sternen, so gewählt, daß die Summe der Zenitdistanzen einer Gruppe nahe 0 ist; es können nur Sterne gewählt werden, deren δ bis auf 11′ mit der Polhöhe des Beobachtungspunktes übereinstimmt. Eine der Sterngruppen umfaßt durchschnittlich etwa 2 Stunden AR, alle Sterne einer Gruppe werden gewöhnlich auf dieselbe Platte aufgenommen. Die Platten werden mit einem Komparator von W. Gaertner gemessen, dessen Schraube aufs genauste untersucht ist; dieser zweite Teil des ganzen Messungsapparats ist hier ebenfalls abgebildet (Fig. 2).

Was die Genauigkeit betrifft, so ist der m. F. einer einzelnen Zenitdistanz (Mittel der drei von den 6 Bildpunkten gelieferten Zenitdistanzen) $\pm 0{,}018''$, also viel kleiner, als es mit visuellen Instrumenten möglich ist; das Instrument ist praktisch genau „unpersönlich", der eigentliche Beobachtungsfehler vernachlässigbar. Die noch vorhandenen Fehler müssen instrumentellen, photographischen oder atmosphärischen Ursprungs sein. Bei günstigem Wetter können Sterne bis zur photographischen Größe 8,5 benutzt werden. Mit Rücksicht auf die in

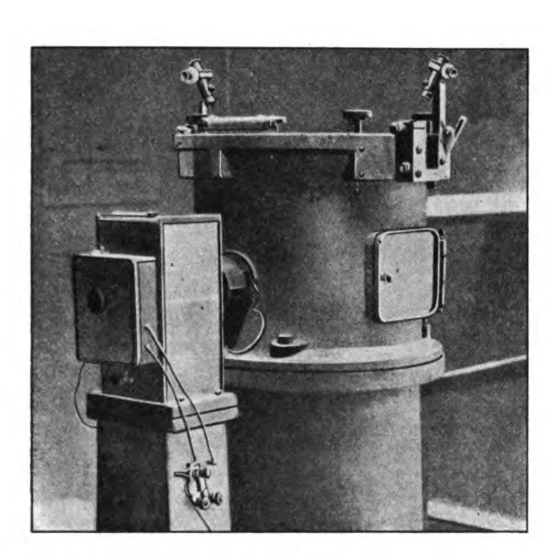


Fig. 1.

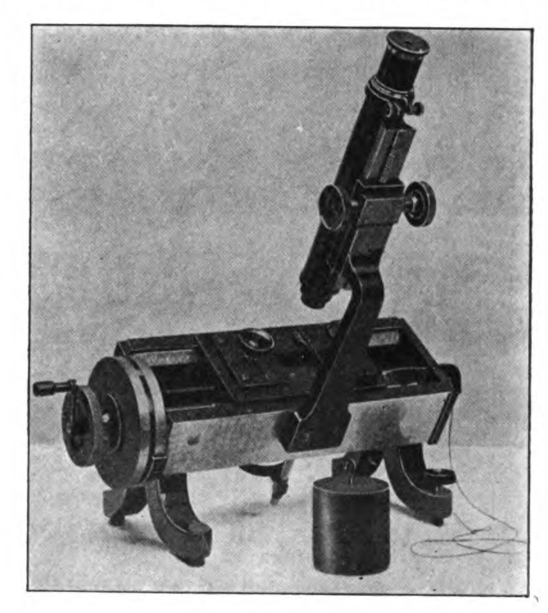


Fig. 2.

Gaithersburg überhaupt visuell zu erhaltenden Sternbilder wäre es ausgeschlossen gewesen, statt der gewählten photographischen Punktbilder Stern-Strichspuren zu verwenden; auch bei Reduktion der Fokallänge auf die Hälfte: mit 25 *cm* Öffnung und 2,5 *m* Fokus konnten nur meßbare Linienspuren von Sternen 7. Größe erhalten werden, so daß nur eine nicht genügende Zahl von Sternen zur Verfügung gestanden hätte. Die große Genauigkeit des jetzigen Instruments kann erst ausgenutzt werden, wenn genügend verschärfte δ der Sterne um $+39^{0}\ 8'$ Deklination zur Verfügung stehen werden. Gegen die *bewegte* Platte statt der festen sind Einwände erhoben worden, aber experimentell als nicht stichhaltig nachgewiesen.

Da das photographische Instrument wesentlich automatisch arbeitet, so kann ein und derselbe Beobachter gleichzeitig auch mit dem visuellen Instrument nebenan arbeiten, was für viele Sternpaare geschehen soll. Die bis jetzt vorhandenen Doppelbeobachtungen zeigen, daß die zwei Instrumente identische Resultate geben; man wird aus ihnen wertvolle Daten zum Studium abnormer Refraktionsverhältnisse nahe beim Zenit erhalten, wie sie ja auch schon von andern Beobachtern festgestellt worden sind. Eine Abhängigkeit der Konstanten des Instruments und des Ausmeßapparats von der Temperatur scheint nicht nachweisbar zu sein.

Wieweit das photographische Zenitrohr dem visuellen Zenitfernrohr an Genauigkeit überlegen ist, kann zurzeit noch nicht mit genügender Sicherheit beantwortet werden; bei

gutem Luftzustand ist der m. F. des φ-Wertes aus *einem* Sternpaar etwa $\pm 0{,}05''$, die Zahl steigt im Winter auf etwa $\pm 0{,}08''$ und beträgt beim visuellen Instrument für dieselbe Zeit etwa das $1^1/_2$-fache. Der größte Teil der Fehler der Ergebnisse des neuen Instruments entspringt sicher aus Anomalien der Form des Lichtstrahls nahe beim Zenit. Auch das visuelle Instrument gab seit Jahren im Winter beträchtlich größere m. F. als im Sommer, was aber dort ebensogut in Refraktionsanomalien als auch in den ungünstigen Bedingungen für den *Beobachter* begründet sein konnte. Da aber das neue Instrument ganz dieselbe Erscheinung zeigt, und der Beobachter hier ausgeschaltet ist, so muß der Grund in äußeren Umständen liegen.

Als Erfahrungen auf den internationalen Breitenstationen des Nordparallels 39° 8′ macht Roß noch auf folgendes aufmerksam. In Carloforte ist trotz mehrfachen Wechsels der Beobachter der m. F. einer einzelnen Beobachtung wesentlich kleiner als auf den andern Stationen; da ferner auf allen Stationen dasselbe Instrument gebraucht wird, so ist die Ursache sicher weder instrumentell noch persönlich, sondern atmosphärisch. Auch sonst fehlt es ja nicht an Beweisen für den großen Einfluß günstiger meteorologischer Umstände auf die Genauigkeit von Polhöhenmessungen (vgl. z. B. Hayfords Ergebnisse bei der Vermessung der mexikanischen Grenze). „Astronomische“ Messungen der hier besprochenen Art und von höchster Genauigkeit können nur auf Stationen mit besonders günstigen meteorologischen Bedingungen ausgeführt werden; u. a. muß die jährliche Amplitude der Temperaturschwankuug möglichst gering sein. Auf allen internationalen Breitenstationen des Nordparallels mit großem Temperaturunterschied zwischen Sommer und Winter wie Mizusawa, Tschardjui, Gaithersburg, Cincinnati, ist die Zahl der anormalen Nächte (Fehler eines Stern-Paars $> 0{,}10''$) im Winter um 50 v. H. größer als im Sommer. In Carloforte und Ukiah, wo die jahreszeitliche Temperaturschwankung nicht groß ist, sind im Winter nicht mehr anormale Nächte als im Sommer vorhanden. „Es kann kaum zweifelhaft sein, daß sorgfältig ausgewählte Observatorien in *niedern* Breiten die besten Ergebnisse liefern.“

Hammer.

Ch. A. Vogler, Geodätische Übungen für Landmesser und Ingenieure. 3. Aufl. II. Teil: Winterübungen. gr. 8°. VIII, 204 S. mit 42 Fig. Berlin, P. Parey 1913. Geb. in Leinw. 7 M.

Dem in *dieser Zeitschr.* ***31.*** *S. 30. 1911* angezeigten I. Teil der 3. Aufl. folgt hier der II., ebenfalls ziemlich erweitert (um etwa $^1/_3$ des Umfangs der 2. Aufl.). Diese „Winterübungen“ umfassen die Behandlung einzelner wichtiger Teile der geodätischen Instrumente sowie des ganzen Theodolits (in Beziehung auf Bestimmung und, soweit möglich, Berichtigung der Fehler des Instruments), endlich einige Übungen zur Ausgleichungsrechnung, wobei auch wieder die Berechnung von Triangulationsaufgaben den Schluß macht. Die einzelnen Abschnitte sind nämlich überschrieben (I. bis VI. bilden den Inhalt des I. Teils): VII. Fernrohr (u. a. annähernde Bestimmung der Objektivbrennweite, des Gesichtsfelds und der Vergrößerung; Untersuchung der Zentrierung der Ziellinie eines Ringfernrohrs, ebenso der Stellung des Vertikalfadens oder der Richtung des Horizontalfadens; Ermittlung der Konstanten eines entfernungsmessenden Fernrohrs; Zielfehler beim Ablesen am oder beim Einstellen mit dem Horizontalfaden); VIII. Libelle (A. die Libelle als Neigungsmesser, B. umsetzbare Libelle als Neigungsmesser, C. Libelle als Lotmarke, D. Anwendungen der Abschnitte A bis C); IX. Theodolit (Abstand der Alhidadenzeiger; Exzentrizität der Alhidadendrehung, Exzentrizität der Limbusdrehung, Übungen an Nonien und Ablesemikroskopen; Indexfehler am Höhenkreis; Horizontalprojektionsfehler infolge eines Visierachsen- und eines Kippachsenfehlers sowie einer Schiefstellung der Stehachse; gegenseitige Neigung der zwei Umdrehungsachsen des Repetitionstheodolits und Fehler der Repetitionsmessung; Berichtigungen am Theodolit); X. Ausgleichungsrechnung (Bestimmung der Konstanten eines Libellenprüfers; Run; Schätzungsfehler an Nivellierskalen usf.; „Staffelausgleichung“ bei bedingten Beobachtungen; einige Aufgaben über trigonometrisches Punkteinschneiden).

Besonders der Abschnitt über die *Libellen* ist wesentlich umgearbeitet. Es ist dabei jetzt schärfer unterschieden zwischen der Verwendung der „Libelle als Lotmarke“ (Bestimmung des Spielpunkts im Augenblick des Bedarfs, wie der Astronom mit seinen meist feinen Libellen stets verfährt, statt der „genauen Berichtigung“ der Libelle, wie sie die folgende Verwendung voraussetzt) und der Verwendung als „Neigungsmesser“, geeignet zum Erreichen von „Dauerstellungen“ von Geraden und Ebenen zueinander (nicht die Messung kleiner Höhenwinkel oder Zenitdistanzen mit der Libelle ist also hier gemeint); der Ref. möchte dahingestellt sein lassen, ob dieser Unterschied bei diesen einfachen geodätischen Anwendungen der Libelle sehr ins Gewicht fällt. Wichtiger scheint mir, daß bei dem mannigfaltigen Gebrauch der Libelle jetzt auch aufmerksam gemacht ist auf die Wandelbarkeit der Form und damit der „Konstanten“ der Libelle, u. a. auch nach Prof. A. Petrelius (vgl. *diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 124. 1902*), eine bedenkliche Eigenschaft, die manchem die Libelle als das „launenhafteste Instrument“ erscheinen läßt.

Zur Aufg. 95 möchte sich der Ref. auch hier die Bemerkung gestatten, daß ihm die Festsetzung für den Horizontalprojektionsfehler einer Zielung infolge des Fernrohrkollimationsfehlers c zu

$$\frac{c}{\cos h} - c = c\,(\operatorname{cosec} z - 1)$$

in der Art von Jordan, nur deshalb weil damit der Projektionsfehler den Betrag erhält, den *Absteckungen* mit dem Theodolit zeigen, willkürlicher erscheint als die *Weglassung* des zweiten Gliedes in dem eben angegebenen Ausdruck. Die Bemerkung des Verf. S. 111 ist im übrigen richtig, und man könnte in der Tat statt $-c$ auch $+C$ (mit *abs.* C beliebig $\gtrless c$) schreiben; aber man hat keinen Grund dazu und ein gewisser „Zwang der Definition“, nicht „erlaubte willkürliche Wahl“ (S. 112), liegt bei gewissen Aufgaben allerdings vor. Der Ref. verweist nochmals auf seinen Aufsatz in der *Zeitschr. f. Vermess.* ***29.*** *S. 97. 1900.*

Das schöne und gründliche Übungsbuch Voglers bedarf bei seiner weiten Verbreitung keiner besonderen Empfehlung mehr. *Hammer.*

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie. *Publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies par le Comité international nommé par le VIIe Congrès de chimie appliquée.* Bd. I, Jahr 1910. 4°. XXXIX, 727 S. Paris, Gauthier-Villars; Leipzig, Akadem. Verlagsgesellsch. m. b. H.; London, J. u. A. Churchill; Chicago, University of Chicago Press. 1912.

Der VII. Kongreß für angewandte Chemie in London im Jahre 1909 hatte beschlossen, die in der zahlreichen Literatur zerstreuten chemischen, physikalischen und technologischen Konstanten für die einzelnen Jahre zu sammeln und in geeigneter Form zu veröffentlichen. Unter dem Patronat der internationalen Vereinigung der Akademien und mit der Unterstützung von Regierungen, Akademien, wissenschaftlichen Gesellschaften, Firmen der Großindustrie und einzelnen Privatpersonen aus fast allen Ländern Europas, den Vereinigten Staaten und Japan gibt jetzt das zu diesem Zwecke ernannte internationale Komitee den ersten Band für das Jahr 1910 heraus. Auf 727 Seiten von 18×21 *cm* bedruckter Fläche ist all das enthalten, was an Zahlenmaterial während des Jahres 1910 in der wissenschaftlichen Literatur veröffentlicht ist; ein Beweis dafür, daß in der oft beklagten Überflut wissenschaftlicher Publikationen doch eine ungeheure Menge von rein zahlenmäßigen Ergebnissen enthalten ist. Rund 300 Zeitschriften, ungerechnet Dissertationen und sonstige Einzelveröffentlichungen, sind dazu von einem großen Stab von Mitarbeitern in den verschiedenen Ländern durchgesehen. Es ist nur zu verständlich, daß bei diesem ersten Bande Erfahrungen gesammelt werden mußten, und daß er deshalb noch nicht allen Wünschen genügt. Das Komitee bittet deshalb alle, an der Vervollständigung dieses wichtigen Werkes dadurch mitzuarbeiten, daß sie etwaige Druckfehler und Unterlassungen an den General-Sekretär Dr. Charles Marie [9 Rue de Bagneux, Paris (6^e)] mitteilen, damit in möglichst kurzer Zeit eine Druckfehlerliste erscheinen kann. Andererseits ist das Komitee auch bereit, Lesern

nähere Auskunft über spezielle Zahlenresultate zu geben, falls ihnen die betreffende Zeitschrift nicht zur Verfügung steht. Um das Erscheinen des Bandes nicht über Gebühr zu verzögern, mußte diesmal von der Beigabe eines alphabetischen Inhaltsverzeichnisses Abstand genommen werden; doch soll dies durch ein alphabetisches General- und Spezialregister sämtlicher im 1. und 2. Bande zitierten Substanzen ergänzt werden, das dem 2. Bande (Jahr 1911) beigegeben werden soll. Dieser wird voraussichtlich in kürzerer Frist erscheinen. Vorläufig muß man sich mit dem recht gut detaillierten Inhaltsverzeichnis begnügen; das Aufsuchen wird dadurch erleichtert, daß — bis auf einige spezielle Kapitel am Schluß — die Zahlenwerte ihrer Natur nach in den folgenden 45 Kapiteln geordnet sind, die ihrerseits wieder in viele Unterabteilungen zerfallen, und einen guten Begriff von der Reichhaltigkeit des zusammengestellten Zahlenmaterials geben:

Kompressibilitätskoeffizient. Dichte. Viskosität. Oberflächenspannung. Ausdehnungskoeffizient. Schmelzpunkt. Spezifische Wärme. Thermodynamik. Dampfdruck. Wärmeleitfähigkeit. Strahlung. Photometrie. Reflexionsvermögen. Emissionsvermögen. Absorptionskoeffizient. Refraktion und Dispersion. Spektroskopie. Drehungsvermögen. Elektrizität. Magnetismus. Radioaktivität. Elektronik und Ionisation. Atomgewichte. Atomistik. Diffusion. Osmotischer Druck. Assoziationsgrad. Mischungen (Zustandsänderungen). Löslichkeit. Thermochemie. Chemische Gleichgewichte. Reaktionsgeschwindigkeit. Elektrolytisches Leitvermögen. Elektromotorische Kräfte. Kolloide. Adsorption. Kristallographie und Mineralogie. Organische Chemie. Ätherische Öle. Öle, Fette und Wachse. Tierphysiologie. Pflanzenphysiologie. Ingenieurwesen. Metallurgie I: Mechanische und verschiedene Eigenschaften der Metalle und Legierungen. Metallurgie II: Mechanische Konstanten.

Wenn nötig, ist den einzelnen Tabellen eine kurze Definition und eine Erklärung der Bezeichnungen vorangestellt. Jede Zahl ist in der publizierten Form (ohne Umrechnung) mitgeteilt und selbstverständlich mit Angabe der Literatur. Im allgemeinen ist die französische Sprache verwendet; nur das Inhaltsverzeichnis und die Köpfe der Seiten sind in den vier Hauptsprachen: Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch gedruckt.

Es liegt somit in dieser Veröffentlichung, die jedes Jahr von neuem erscheinen wird, eine gewaltige Leistung vor. Wenn wir in der deutschen wissenschaftlichen Literatur auch die Tabellen von Landolt-Börnstein besitzen, so vergehen doch vom Erscheinen einer Auflage bis zur folgenden naturgemäß zu viel Jahre. Hier können nun die Jahrestabellen, namentlich wenn sie, wie in Aussicht genommen, immer in nicht zu langer Zeit nach Jahresschluß erscheinen, ergänzend eintreten. Daneben werden die Landolt-Börnsteinschen Tabellen durchaus nicht überflüssig werden, da sie als eine die Ergebnisse auch aller vorhergehenden Jahre zusammenfassende Veröffentlichung Vollständigkeit innerhalb der einzelnen Tabellen erreichen, während die Jahrestabellen nur das Zahlenmaterial aus den gerade innerhalb des betreffenden Jahres bearbeiteten Kapiteln bringen und so unter Umständen schmerzlich empfundene Lücken aufweisen können.

Genau so wenig, als es einem einzelnen möglich gewesen wäre, ein solches Werk zu schreiben, ist es auch einem einzelnen Referenten unmöglich, zu prüfen, ob überall die gewünschte Vollständigkeit erreicht ist. Aufgefallen ist dem Ref. nur eins: die stiefmütterliche Behandlung der Ergebnisse der Luftelektrizität, die auf $^1/_4$ Seite wiedergegeben werden. Richtiger wäre es wohl gewesen, sie — wie die meteorologischen Beobachtungen — völlig beiseite zu lassen. Sollten sie jedoch aufgenommen werden, so hätte sich die Wiedergabe nicht auf die Ergebnisse einer einzigen kurzen Untersuchung beschränken sollen. Abgesehen von dieser Kleinigkeit, die bei der sonst so außerordentlich verdienstvollen umfangreichen Zusammenstellung des Zahlenmaterials gar nicht ins Gewicht fällt, können wir diese Erweiterung der wissenschaftlichen Nachschlagewerke nur mit freudigem und stolzem Danke begrüßen. *Berndt.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied,
Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. **F. Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **Oktober 1913.** Zehntes Heft.

Über die Widerstandseinheit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[1]).

Von

W. Jaeger und **H. von Steinwehr**.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die letzte Mitteilung über die Widerstandseinheit der Reichanstalt erfolgte im Jahre 1906 und reicht bis zu den Messungen von 1905. Im folgenden soll über die seitdem erfolgten Messungen und Erfahrungen berichtet und ein Überblick über die gesamten Ergebnisse der jetzt einen Zeitraum von mehr als zwanzig Jahren umfassenden Beobachtungen gegeben werden[2]).

Zunächst ist hierbei zu berichten über die Ohmnormale selbst und ihre Vergleichung mit den Manganin-Normalen; ferner über die weitere Kontrolle der Widerstandseinheit durch die in einem Raum von konstanter Feuchtigkeit aufbewahrten Widerstände, sowie durch die Quecksilberkopien, bei denen sich das Quecksilber in einem Quarzrohr befindet (im folgenden als „Quarzkopien“ bezeichnet). Aus den mitgeteilten Zahlen wird sich ergeben, daß die Widerstandseinheit im Verlauf der 20 Jahre auf etwa ein Hunderttausendstel sicher festgehalten werden konnte, und daß der Einfluß der Feuchtigkeit für die hier in Betracht kommenden Widerstände ohne Bedeutung ist.

Die Messungen sind z. T. von den Verfassern selbst, z. T. auch von Herrn Feustel ausgeführt worden, der die Reichsanstalt im September 1912 verlassen hat. Zur Widerstandsvergleichung diente in den meisten Fällen das Differentialgalvanometer, mit dem eine große Genauigkeit in bequemer Weise zu erreichen ist; nur in einigen Fällen wurde die Thomsonsche Brückenmethode angewandt.

---

[1]) Die bisherigen Veröffentlichungen über diesen Gegenstand sind folgende: W. Jaeger, Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2**. *S. 379. 1895*: W. Jaeger und K. Kahle, Die Quecksilbernormale usw. Forts. I. Ebenda **3**. *S. 95. 1900;* W. Jaeger und H. Diehselhorst, Die Quecksilbernormale usw. Forts. II und III. Ebenda **4**. *S. 115. 1904* und *S. 193. 1905*. (Auszüge in *dieser Zeitschr.* **16**. *S. 134. 1896* und **21**. *S. 1. 1901.*) — W. Jaeger und K. Kahle, Die Grundlagen der elektrischen Widerstandseinheit für die Phys.-Techn. Reichsanstalt. *Wied. Ann.* **64**. *S. 456. 1898;* W. Jaeger, Über die in der Darstellung und Festhaltung des elektrischen Widerstandes erreichte Genauigkeit. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. S. 544. 1903;* W. Jaeger und St. Lindeck, Über die Konstanz von Normalwiderständen aus Manganin. *Diese Zeitschr.* **18**. *S. 97. 1898* und *Wied. Ann.* **65**. *S. 572. 1898*; desgl. zweite Mitteilung. *Diese Zeitschr.* **26**. *S. 15. 1906*.

[2]) Eine ausführliche Mitteilung unter Angabe der Beobachtungszahlen soll in den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* erfolgen.

1. Vergleichung der Normal-Quecksilberrohre mit den Manganin-Normalen.

Die Reichsanstalt besitzt zurzeit fünf Quecksilberrohre, über die in den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* (s. Anm. 1 *S. 293*) berichtet worden ist. Außer diesen wurden noch weitere fünf Rohre hergestellt, die sich zurzeit noch im Stadium der Ausmessung befinden. Von den älteren fünf Rohren sind in der letzten Zeit nur zwei (Nr. XI und XIV) benutzt worden, deren Mittelwert mit demjenigen aller Rohre völlig übereinstimmt (s. Tab. *S. 296* oben). Diese Rohre wurden 1905 in je zwei Füllungen mit den Manganin-Normalen verglichen, von da ab wurde aber die letzte Füllung unverändert aufgehoben, so daß bei den späteren Vergleichungen mit den Manganin-Normalen keine durch Neufüllung der Rohre bewirkten Abweichungen auftreten konnten. Es erschien auch deshalb wünschenswert, die Füllung der Rohre nicht zu häufig zu erneuern, da infolge der hierdurch bedingten Reinigung derselben möglicherweise ein Auswaschen der Rohre bewirkt werden konnte, welches die Konstanz der Widerstandseinheit zu gefährden imstande war.

Die Manganin-Normale, mit welchen die Rohre bei jeder Messung verglichen wurden, waren stets die seit 1891 bzw. 1892 zu diesem Zweck benutzten Normale Nr. 148a, 149a, 150a, 151, deren Mittelwert aus den später angegebenen Gründen seit ca. 20 Jahren konstant zu 1,001745 Ohm angenommen wird. Es hat sich gezeigt, daß diese Annahme durch die Messungen bestätigt wird. Der Grund, aus welchem die Werte dieser vier Normalbüchsen stark von dem Nominalwert abweichen, ist aus der letzten Mitteilung in *dieser Zeitschr. 1906* zu ersehen. Dieser für die Messungen etwas unbequeme Umstand bietet dafür den Vorteil, daß systematische Fehler der Messung leichter erkannt werden können, als wenn die Widerstände gleich groß und gleich dem Nominalwert wären. Da sich außerdem diese Büchsen als außerordentlich konstant erwiesen haben, so lag kein Grund vor, sie durch andere zu ersetzen; vielmehr wäre dadurch nur die Kontinuität der Messungen unterbrochen worden.

Auf die Meßmethoden braucht hier nicht näher eingegangen zu werden; sie finden sich in den früheren Mitteilungen eingehend erläutert.

Die vier Büchsen wurden einzeln mit den beiden Rohren XI und XIV zu verschiedenen Zeiten verglichen und daraus Werte für das Mittel M der vier Manganinbüchsen abgeleitet, indem dabei die in den früheren Mitteilungen angegebenen Werte für die beiden Quecksilberrohre:

$$\text{Nr. XI} = 0{,}999353_5 \text{ int. Ohm bei } 0^0$$
$$\text{Nr. XIV} = 0{,}995771 \quad „ \quad „ \quad „ \; 0^0$$

(inkl. des Ausbreitungswiderstandes) zugrunde gelegt wurden.

Werte von M (Überschuß über 1 Ohm in Millionstel Ohm).

1	Berechnet aus	März 1905 Mittel	März 1905 Diff.	März 1905 2. Füllung allein	Oktober 1909	Januar 1911	November 1912
2	Rohr XI	1689,3	12,5	1701,8	1686,9	1714,4	—
3	„ XIV	1764,2	3,3	1767,5	1756,6	1775,2	1766,4
4	Diff.	74,9	—	65,7	69,7	60,8	—
5	Mittel	1726,7	7,9	1734,6	1721,7	1744,8	(1734,4)
6	Bezogen auf das Mittel der Füllungen von 1905			1726,7	1713,7	1736,8	1726,4

In Zeile 2 und 3 der Tabelle (*S. 294*) sind die so erhaltenen Werte zusammengestellt und in Zeile 5 zu Mittelwerten vereinigt. Die aus den beiden Rohren einzeln berechneten Werte *M* zeigen dieselben Differenzen wie früher (Zeile 4).

In Zeile 6 sind die für die späteren Messungen (Oktober 1909 usw.) gefundenen Werte von *M* umgerechnet auf das Mittel der Füllungen 1905, um sie mit diesem vergleichbar zu machen. Zu diesem Zweck wurde die aus der Messung 1905 ermittelte Differenz zwischen der zweiten Füllung und dem Mittel der Füllungen im Betrage von — 8 Millionstel angebracht (siehe vierte Spalte, Zeile 5).

Die Zahlen der Zeile 6 sind dann mit den früher veröffentlichten Werten direkt vergleichbar, wobei indessen noch ein Umstand zu beachten ist.

Bei der Berechnung der oben angegebenen Zahlen ist angenommen, daß die Temperatur des Quecksilberrohres 0^0 beträgt. Die Rohre befanden sich wie bei den früheren Messungen in einem mit Petroleum gefüllten Gefäß, das von Eis umgeben war. Die Temperatur dieses Petroleums wurde wie früher stets gemessen, aber bei der Berechnung der Ergebnisse nicht berücksichtigt, da sie vermutlich der Temperatur des Rohres nicht entspricht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß das Petroleum, obwohl es allseitig von Eis umgeben ist, eine etwas höhere Temperatur als 0^0 besitzt, daß aber die auf Metallschienen aufliegenden Rohre sehr nahe die Eistemperatur selbst haben. Durch diesen Umstand entsteht allerdings eine kleine Unsicherheit, die in Zukunft durch bessere Versuchsanordnung beseitigt werden soll. Doch wird diese Unsicherheit für das Resultat höchstens einige Millionstel betragen.

Um nun die neueren Resultate mit den früher angegebenen vergleichbar zu machen, bei denen die erwähnte Temperaturkorrektion stets angebracht worden war, müssen die früher angegebenen Zahlen umgerechnet werden, was an der Hand der mitgeteilten Beobachtungen leicht möglich ist. In der folgenden Tabelle sind diese Temperaturkorrektionen für die einzelnen Messungen zusammengestellt. (Die Nummern am Kopf der Tabelle entsprechen denjenigen der Tabelle auf *S. 296*.)

Temperaturkorrektionen für die Rohre

$^1/_{1000}$ Grad.

Nr.	1	2	3	4	5	6	6a[1]	7	8	9
XI	15	0	14	10	24	13	7	22	6	—
XIV	8	0	9	9	13	4	4	21	6	(30)
114	—	—	2	9	15	—	—	—	—	—
106	—	—	13	—	—	—	—	—	—	—
131	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—

Werden sämtliche bis jetzt vorliegenden Messungen unter Berücksichtigung des angegebenen Umstandes zusammengestellt, so ergeben sich die folgenden Zahlen (*S. 296*).

Aus dem Vergleich der Zeilen 8 und 9 ergibt sich, daß das Mittel der Rohre XI und XIV stets nahe mit dem Mittelwert aller zur Messung benutzten Rohre übereinstimmt; Zeile 7 zeigt andererseits, daß die Differenz dieser beiden Rohre, deren Werte anfänglich nahe übereinstimmten, sich allmählich vergrößert hat. Ob dieser Umstand auf das Auswaschen der Rohre beim Reinigen derselben zurückzuführen ist oder auf eine andere Ursache, muß dahingestellt bleiben.

[1]) Für die zweite Füllung allein.

Wert von M (Überschuß über 1 Ohm).
Millionstel Ohm (bei 18°).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Berechnet aus Rohr	März 1892	1894/95	Mai 1897	März 1903	Febr. 1904	März 1905 2. Füllung	Okt. 1909	Jan. 1911	Nov. 1912
2.	Nr. XI	1714	1717	1718	1720	1679	1694	1679	1706	—
3.	„ XIV	1721	1752	1754	1750	1751	1759	1749	1767	1758
4.	„ 114	—	—	1724	1734	1711	—	—	—	—
5.	„ 106	—	—	1737	—	—	—	—	—	—
6.	„ 131	—	—	1742	—	—	—	—	—	—
7.	XIV—XI	7	35	36	30	72	65	70	61	—
8.	$\frac{XI + XIV}{2}$	1718	1735	1735	1735	1715	1727	1714	1736	1726
9.	Mittel aller Rohre	—	—	1735	1735	1714	—	—	—	—

Im folgenden sind die Ergebnisse der bisherigen Vergleichungen zwischen den Quecksilber- und den Manganin-Normalen, unter der Annahme, daß die Rohre die Temperatur von 0° besaßen, nochmals übersichtlich zusammengestellt und zu einem Mittelwert vereinigt.

Die Abweichungen der Einzelwerte vom Mittel 1,001727 erreichen etwa ein Hunderttausendstel. Dies ist eine Größe, welche als Genauigkeitsgrenze bei der Messung der Ohmrohre unter Berücksichtigung aller Umstände anzusehen ist.

Nr.	Datum	M Int. Ohm bei 18°	Diff. $\times 10^{-6}$
1	März 1892	1,001718	— 9
2	1894/95	35	+ 8
3	Mai 1897	35	+ 8
4	März 1903	35	+ 8
5	Febr. 1904	15	— 12
6	März 1905	27	0
7	Okt. 1909	14	— 13
8	Jan. 1911	36	+ 9
9	Nov. 1912	26	— 1
		Mittel 1,001727	

Die Geringfügigkeit der Differenzen (letzte Spalte) und der Umstand, daß sie nicht in einem Sinne verlaufen, sondern hin und her schwanken, zeigt, daß vermutlich sowohl die Ohmrohre wie das Mittel M der vier Manganinwiderstände in dem ganzen über einen Zeitraum von 20 Jahren sich erstreckenden Beobachtungsintervall sich nicht um einen Betrag geändert haben, welcher die Beobachtungsfehler überschreitet.

Der Wert 1,001727 ist um etwa ein Hunderttausendstel kleiner, als wenn die beobachtete Temperatur des Petroleums bei der Berechnung der Werte berücksichtigt wird, unter der Annahme, daß sie der Temperatur des Quecksilbers in den Rohren gleichzusetzen ist; doch halten wir den angegebenen Wert für richtiger. Der als konstant angenommene Mittelwert der vier Manganinbüchsen ist dagegen 1,001745, also um etwa zwei Hunderttausendstel größer als der aus den Quecksilberrohren nach der neuesten Berechnung sich ergebende Wert. Doch erscheint es zweck-

mäßiger, den einmal angenommenen Mittelwert 1,001745 dauernd beizubehalten und die kleine Unrichtigkeit in Kauf zu nehmen, als durch die Änderung des Wertes um 18 Millionstel die Kontinuität der Zahlenreihe zu stören. Bei manchen Messungen wird man indessen diese Differenz in Rechnung setzen müssen (z. B. bei internationalen Vergleichungen).

Erwähnt sei noch, daß bei einer Messungsreihe mit dem Rohr Nr. XI die Zuleitungen für den Strom und den Nebenschluß an den Endgefäßen vertauscht wurden, um die Größe des Einflusses dieser Vertauschung zu ermitteln. Der Widerstandswert des Quecksilberrohrs wurde dabei um etwa ein Hunderttausendstel kleiner gefunden, wenn der Nebenschluß an diejenige Stelle angelegt wurde, an der sich gewöhnlich der Stromdraht befindet. (Über die Art der Schaltung siehe die früheren Mitteilungen.)

2. Manganin-Normale.

Die im vorstehenden erwähnten Manganin-Normale sind in der Zeit von 1892 bis jetzt häufig gemessen worden, meist zum Zweck der Vergleichung mit anderen Widerständen. In der Regel sind diese Vergleichungen mit vielfachen überschüssigen Beobachtungen angestellt und in der früher angegebenen Weise ausgeglichen worden.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse dieser Messungen auszugsweise zusammengestellt, wobei von 1898 an der Mittelwert der Büchsen aus den angeführten Gründen zu 1,001745 festgehalten wurde. (Die späteren Messungen bis 1913 siehe Tab. *S. 301 u. 302.*) Wie man sieht, zeigen die einzelnen Normale z. T. relative Änderungen, die aber in Anbetracht der langen Zeit sehr gering sind.

Datum	148a	149a	150a	151
Dez. 1891	—	—	—	0,997676
Okt. 1892	1,012157	—	0,998560	678
Nov. 1893	146	0,998574	547	681
Mai 1894	152	573	545	682
Jan. 1896	152	575	541	690
Jan. 1897	157	585	538	695
Juni 1897	149	591	539	699
Jan. 1898	156	588	533	702
Febr. 1899	157	587	530	706
Jan. 1900	156	593	521	709
März 1901	157	588	522	713
Jan. 1902	156	593	517	712
Jan. 1903	161	590	513	715
Jan. 1904	161	589	513	717
März 1905	162	588	510	720
März 1906	162	587	507	723
Mai 1907	163	586	504	726
Mai 1908	157	593	504	725
Mai 1909	162	588	504	725

Büchse Nr. 148a ist nach den mitgeteilten Zahlen völlig konstant geblieben, 149a hat sich in den zwanzig Jahren um etwa ein Hunderttausendstel, 150a um ca. 6 Hunderttausendstel vergrößert, während 151 um den gleichen Betrag abgenommen hat. Die jährliche durchschnittliche Veränderung kommt also nur bei den beiden letzten Büchsen überhaupt in Betracht, und beträgt auch bei diesen nur zwei Millionstel; ein Betrag, der sich nur in sehr langen Zeiträumen überhaupt konstatieren läßt.

Diese zeitliche Änderung ist eine Erscheinung, welche mit dem Feuchtigkeitseinfluß nichts zu tun hat, sondern mit der sogenannten „Alterungserscheinung" der Widerstände[1]) zusammenhängt, und daher auch bei denjenigen Widerständen auftreten muß, welche in einem Raum von konstanter Feuchtigkeit aufgehoben werden.

Wegen des Einflusses der Luftfeuchtigkeit wird auf die *S. 300* enthaltenen Ausführungen noch besonders verwiesen.

3. Quecksilberkopien in Quarzrohr („Quarzkopien").

Eine weitere Stütze für die Konstanz der Widerstandseinheit bilden die Quecksilberkopien, bei denen sich das Quecksilber in einem Quarzrohr befindet. Diese Kopien sind im Vakuum mit Quecksilber gefüllt und die Füllung wird unverändert aufgehoben. Schon früher ist über Versuche mit dauernd gefüllten Quecksilberkopien berichtet worden.[2]) Diese Kopien bestanden aus Jenaer Glas 16^{III}, haben sich aber nicht besonders gut bewährt. Sie wurden wie die Normalrohre im Vakuum gefüllt und bei 0° gemessen. Doch zeigten wenigstens einige derselben erhebliche zeitliche Änderungen des Widerstandes, so daß von einer weiteren Benutzung dieser Widerstände abgesehen wurde, nachdem man durch die Manganinbüchsen eine viel bequemere und sehr konstante Hilfseinheit erhalten hatte.

Die in Quarzrohren befindlichen Kopien scheinen dagegen eine sehr gute Konstanz zu besitzen, so daß sie als Kontrolle für die Widerstandseinheit gut zu brauchen sind.

Im Prinzip sind die „Quarzkopien" ähnlich konstruiert wie die früher verwendeten Kopien, die aus Jenaer Glas bestanden, doch zeigen sie gewisse Abänderungen, welche durch die Eigenschaft des Quarzes bedingt sind. Sie stimmen dagegen völlig überein mit den von uns bereits früher benutzten und beschriebenen Quecksilber-Widerstandsthermometern in Quarz, welche sich gleichfalls sehr gut bewährt haben.

Es machte einige Schwierigkeit, Quarzrohre mit dem richtigen Lumen zu erhalten, doch gelang es schließlich, von der Firma Heraeus in Hanau Röhren zu bekommen, die einigermaßen dem gewünschten Sollwert entsprachen. Immerhin zeigen die Kopien noch ziemliche Abweichungen von dem Sollwert, wodurch ihre Messung etwas erschwert ist.

In *dieser Zeitschr.* ***30.*** *S. 111. 1910* ist bereits eine kurze Beschreibung der Quecksilber-Widerstandsthermometer und eine Abbildung derselben enthalten; die Quarzkopien haben, wie erwähnt, die gleiche Konstruktion.

Das Quecksilber ist in W-förmig gebogenen Quarzrohren *a* (Fig. 1) von ca. 1 *m* Länge enthalten, die nahe einen Querschnitt von 1 mm^2 besitzen. An den Enden der Kapillaren *a* setzen sich Quarzrohre *b* von weiterem Querschnitt an, die zur Aufnahme der Elektroden dienen. Diese bestehen aus unten zugeschmolzenen Glasrohren *c*, in die je zwei Platindrähte eingeschmolzen sind, welche sich nach oben in Kupferdrähte fortsetzen.

Diese Drähte dienen zur Zuleitung des Stromes und zur Potentialabnahme; der Widerstand ist also durch diese vier Drähte in bekannter Weise definiert.

---

[1]) Auf elastische Nachwirkung zurückzuführen; vgl. über „Das künstliche Altern" (Erwärmung auf 140° C) K. Feußner und St. Lindeck, *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 396. 1895.*

[2]) W. Jaeger, Die Quecksilber-Normale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt.* ***2.*** *S. 437. 1895.* D. Kreichgauer und W. Jaeger, *Wied. Ann.* ***47.*** *S. 513. 1892.*

Fig. 2 zeigt die Elektroden und das Ende der Quarzröhren in größerem Maßstabe. Um einen konstanten Widerstand zu erzielen, sind die Glasrohre *c* nach dem Füllen der Quarzrohre mit Quecksilber an der Stelle *d* fest mit dem Quarzrohr *b* verkittet. (Im vorliegenden Fall mit Siegellack, bei den als Thermometer dienenden Rohren mit Schwefel.) Das Quecksilber ist etwa bis zu der mit *Hg* bezeichneten Stelle aufgefüllt. Infolge ihrer Konstruktion dürfen die Kopien nie völlig umgelegt werden, sind daher auch nicht versandfähig; aber sie sind auch nicht für diesen Zweck bestimmt, der ausreichend durch die Manganin-Normale erfüllt wird. Hier handelt es sich um die Herstellung eines möglichst *konstanten* Kontrollmaßes, wobei man dann auf andere Vorteile verzichten kann. Um die obere Kittstelle der Elektroden ist noch eine Schutzkappe gelegt, die den Zutritt irgendwelcher Feuchtigkeit verhindern soll. Auf gute Isolation der Drähte ist natürlich möglichst Rücksicht genommen.

Die Quarzrohre *b* sind in Fassungen eingekittet, durch welche sie gehalten werden; die Quarzkapillare ist mit einem Schutzmantel aus durchlöchertem Messingblech umgeben. Bei der Messung werden die Kopien möglichst tief in Eis eingestellt, damit nicht durch Wärmeleitung die Temperatur des Quecksilbers beeinflußt wird, was bei dem verhältnismäßig großen Temperaturkoeffizienten des Quecksilbers (ca. $^1/_{1000}$ pro Grad) leicht zu Fehlern Veranlassung geben kann.

Aus diesem Grunde haben die Quarzansätze sowie auch die eingekitteten Glasrohre eine erhebliche Länge. Der Widerstand der Kopien ist kleiner als ein Ohm gewählt, damit man bei Anwendung des Differentialgalvanometers nicht genötigt ist, einen Nebenschluß an die Kopien selbst zu legen.

Fig. 1.

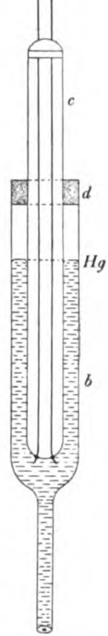


Fig. 2.

Eine Vergleichung der Kopien mit den Manganin-Normalen hat im Dezember 1910 und Oktober 1912 stattgefunden. Die mit dem Differentialgalvanometer ausgeführten Messungen ergaben folgende Differenzen der Kopien Q_1 und Q_2 gegen den Mittelwert M der Manganinbüchsen:

Einheit Millionstel Ohm

	$M - Q_1$	Diff.	$M - Q_2$	Diff.
Dezember 1910 .	17166,6	+ 1,4	24132,8	+ 4,4
Oktober 1912 . .	63,8	− 1,4	24,1	− 4,3
Mittel	17165,2	—	24128,4	—

Die Abweichungen der Einzelwerte vom zeitlichen Mittel betragen nur wenige Millionstel, so daß auf eine Änderung der Quarzkopien oder der Manganinwiderstände in der Beobachtungszeit nicht geschlossen werden kann.

Die Mittelwerte der Quarzkopien sind nach den mitgeteilten Zahlen, unter Berücksichtigung der Annahme, daß $M = 1{,}001727$ Ohm ist:

$$Q_1 = 0{,}984562 \text{ Ohm}$$
$$Q_2 = 0{,}977598_5 \text{ „ .}$$

Nach den obigen Angaben hat es den Anschein, als ob die Quarzkopien sich als weitere Kontrolle für die Widerstandseinheit bewähren würden.

4. Widerstände in konstanter Feuchtigkeit.

Die Herren Rosa und Babcock[1]) haben bekanntlich gefunden, daß der Wert von Widerständen, die mit Schellack isoliert sind, durch den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den Schellack und dessen dadurch bedingte Volumzunahme mehr oder weniger periodisch verändert wird. Die Beobachtungen beziehen sich hauptsächlich auf Widerstände großen Betrags, die sich in Widerstandskästen befinden. Mit dem Material des Manganins an sich hat dieser Einfluß nichts zu tun, worauf hier nochmals besonderer Nachdruck gelegt werden soll; denn es ist wiederholt aus diesen Angaben fälschlicherweise der Schluß gezogen worden, daß das Manganin selbst inkonstante Werte ergebe. Dies ist aber, wie aus den vorstehenden Betrachtungen zur Genüge bereits hervorgeht und im folgenden noch weiter gezeigt werden soll, nicht der Fall, vielmehr ist die Konstanz des Manganins so vortrefflich, wie es nur irgend gewünscht werden kann. Vereinzelte entgegengesetzte Beobachtungen können natürlich nicht als Beweis des Gegenteils angesehen werden, da auch Konstruktionsfehler und andere Gründe eine Inkonstanz veranlassen können. Aber auch der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Manganin-Normale von 1 Ohm ist, wenn er überhaupt eintritt, so gering, daß er mit Sicherheit noch nicht konstatiert werden konnte. Es sei in dieser Hinsicht zunächst auf eine Erwiderung verwiesen, welche von seiten der Reichsanstalt auf die erwähnte Veröffentlichung des Bureau of Standards erfolgt ist[2]).

Aus dieser Erwiderung seien folgende Stellen zitiert, welche sich auf die Manganin-Normale beziehen: „*Allusion may next be made to the fact that the measurements of Messrs. Rosa and Babcock, in so far as the influence of the atmospheric humidity comes into the matter, are made only on resistance box coils, that is to say on such resistances in which the highest possible constancy was not to be expected. No information is given about the varitations in Standard resistances under natural conditions. For this reason the title of the article is some what too general*“ (s. unten).

. . . „*For (1) evidently the phenomenon makes its apparence to the extent noticed only in a climate as unfavourable as that of a Washington summer. (2) It affects only high resistances, while Messrs. Rosa and Babcock are also of the opinion that resistances of 1 Ohm and under remain constant. (3) Even the variations noticed in Washington are important for most practical measurements, for they are small and distributed over a long interval of time.*“ Die in der erwähnten Veröffentlichung von Rosa und Babcock mitgeteilten Zahlen zeigen, daß selbst bei den Widerständen von hohem Betrag meist nur ganz geringe periodische Änderungen eintreten.

Die bei einigen dieser Widerstände von 10000 Ohm beobachteten Änderungen, die aber auch hier nur 1 bis 2 Hunderttausendstel betrugen, können eventuell auch auf Alterungserscheinungen zurückgeführt werden[3]).

Auf eine spätere von Wenner gemachte Mitteilung, die den gleichen Gegenstand betrifft, soll weiter unten näher eingegangen werden (*S. 303*). Zunächst mögen die von uns bezüglich des Einflusses der Luftfeuchtigkeit angestellten besonderen Versuche näher mitgeteilt werden.

---

[1]) E. B. Rosa und H. D. Babcock, *The variation of manganin resistances with atmospheric humidity. The Electrician* **59.** *S. 339. 1907; Bull. Bur. of Standards* **4.** *S. 121. 1907.*

[2]) W. Jaeger und St. Lindeck, *The variation of manganin resistances with atmospheric humidity. The Electrician* **59.** *S. 626. 1907.*

[3]) Vgl. auch die Mitteilung: St. Lindeck, Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf elektrische Widerstände. *Diese Zeitschr.* **28.** *S. 229. 1908* und *The influence of atmospheric humidity on electrical resistances. (To the editor of the Electrician.) The Electrician* **67.** *S. 351. 1908.*

Seit dem Juli 1905 befinden sich drei Manganinbüchsen von je 1 Ohm in einem abgeschlossenen Raum, der durch verdünnte Schwefelsäure von ca. 44% (spez. Gew. 1,34) auf einem Feuchtigkeitsgehalt von nahe 50% gehalten wird. Diese Büchsen werden von Zeit zu Zeit mit den früher erwähnten vier Normalen, die in Luft aufbewahrt werden, verglichen. Die Resultate der Vergleichung sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Zusammenstellung der Manganin-Normale 148a, 149a, 150a, 151 und der seit Juli 09 in konstanter Feuchtigkeit befindlichen Widerstände 3072, 3073, 917.

Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	148a	149a	150a	151	3072	3073	917	Mittel 5 bis 7	$\frac{\Delta}{10^{-6}}$	$\frac{3/7\,\Delta}{10^{-6}}$
	A. Annahme: Mittel der Widerstände 148a, 149a, 150a, 151 konstant = 1,001745.									
Sept. 09	1,012160	0,998597	0,998497	0,997726	$1{,}000017_5$	$1{,}000021_5$	0,999890	0,999976	$+7_5$	$+3$
Okt. 10	—	597	493_5	728_5	015	017_5	890_5	974	$+5_5$	$+2$
Nov. 10	164_5	586_5	498	731	0,999999	010	886	965	-3_5	-1_5
Jan. 11	162_5	588_5	498	731	$1{,}000002_5$	013	890_5	969	$+0_5$	0
Apr. 11	163	590	495	732	012_5	020_5	891	975	$+6_5$	$+3$
Juli 11	165	589_5	496	729_5	005	008_5	889	967	-1_5	-1
Jan. 12	166_5	587_5	494_5	731	001	010_5	890	967	-1_5	-1
Juni 12	164_5	589	494	732_5	005_5	014	884	968	-0_5	0
Nov. 12	168_5	587	493	731	0,999996	006	876_5	959	-9_5	-4_5
Juni 13	165_5	585_5	494	735	996_5	007	889	964	-4_5	-2
								Mittel: 968_5		

Die Zahlen für die Widerstände der Spalten 5 bis 7 (in konstanter Feuchtigkeit aufbewahrte Widerstände) sind dabei in der Weise gewonnen, daß das Mittel der Manganin-Normale (Spalte 1 bis 4), wie gewöhnlich, konstant zu 1,001745 angenommen ist. Dann ergeben sich für die Widerstände der Spalten 5 bis 7 die in Spalte 8 angegebenen Mittelwerte, welche von dem Gesamtmittel dieser Spalte um die in Spalte 9 angegebenen Größen abweichen. Würde man also das Mittel der in konstanter Feuchtigkeit befindlichen Widerstände als konstant ansehen, statt der Widerstände 1 bis 4, so müßte man die Widerstandswerte der Spalten 1 bis 4 um diese Beträge verändern. Es ist wohl nicht zu entscheiden, welche Annahme die richtigere sein würde. Im übrigen halten sich die Differenzen unterhalb von einem Hunderttausendstel, wobei auch noch zu beachten ist, daß die Messungen bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt sind, so daß auch noch ein Teil der Differenzen möglichenfalls auf nicht genau bestimmte Temperaturkoeffizienten zurückzuführen ist. Wenn man also die Veränderung der Widerstände dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit zuschreiben wollte, so sind die dadurch bewirkten Unterschiede doch so geringfügig, daß sie nicht in Betracht kommen.

Die Spalte 10 enthält diejenigen Beträge, um welche man die Widerstandswerte jeder Zeile verändern müßte, wenn man die Gesamtsumme aller 7 Widerstände als konstant annehmen würde. Diese Beträge erreichen im Maximum nur 4 Millionstel, fallen also gänzlich in das Bereich der möglichen Beobachtungs- bzw. Reduktionsfehler. Die Schwankungen der in konstanter Feuchtigkeit aufbewahrten Widerstände ist durchaus nicht geringer als diejenigen der Spalte 1 bis 4, so daß ein Nachweis für periodische Veränderlichkeit von nicht in konstanter Feuchtigkeit aufbewahrten 1 Ohm-Normalen und von einer Verbesserung der Resultate durch die Aufbewahrung

in konstanter Feuchtigkeit jedenfalls aus diesen Beobachtungen nicht abgeleitet werden kann.

Um den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Widerstände ganz zu beseitigen, hat man auch Widerstände hergestellt, die gegen die äußere Atmosphäre völlig abgeschlossen und mit Petroleum oder einer ähnlichen Flüssigkeit dauernd gefüllt sind (*Bureau of Standards*). Diese nach unserer Ansicht unnötige Maßnahme hat den Nachteil, daß bei nicht ganz konstanter Temperatur des Beobachtungsraums die Temperatur der Widerstände nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit bestimmt werden kann, weil bei einem Temperaturgang innerhalb und außerhalb des die Widerstände umschließenden Mantels nicht die gleiche Temperatur herrscht, ebenso läßt sich bei einer Verschiedenheit der Bad- und Lufttemperatur von einigen Graden die Temperatur des Widerstandes nicht mehr genau ermitteln. Was man also auf der einen Seite vielleicht an Genauigkeit durch den luftdichten Abschluß der Büchsen gewinnt, kann auf der anderen Seite leicht wieder verloren gehen.

In der folgenden Tabelle sind ferner zwei Widerstände I_A und I_C mit den vier Manganin-Normalen zusammengestellt. Die Büchsen I_A und I_C dienen als Grundlage zur Prüfung eingesandter Widerstände und befinden sich ebenfalls seit Mai 1910 in einem Raum von konstanter Feuchtigkeit, aus dem sie nur zum Zweck der Messung auf kurze Zeit entfernt werden.

Manganin-Normale I_A und I_C.

Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	148a	149a	150a	151	I_A	I_C	Mittel (I_A I_C)	Δ $\times 10^{-6}$	$\frac{1}{3}\Delta$ $\times 10^{-6}$
	1,012	0,998	0,998	0,997	—	—	0,999	—	—
Mai 1894	152	573	545_5	682_5	$0{,}999873_5$	—	—	—	—
Jan. 1896	152_5	575_5	541	690	890	0,999937	913_5	-6_5	-2
Jan. 1897	157	585	538_5	695_5	896	942	919	-1	-0_5
Jan. 1898	156	588	533	702_5	906	952	929	$+9$	$+3$
Febr. 1899	157	587	530	706	896	943	919_5	-0_5	0
Jan. 1900	156_5	593	521	709_5	903_5	943_5	923_5	$+3_5$	$+1$
März 1901	157	588	522	713	900	942	921	$+1$	$+0_5$
Jan. 1902	156_5	593_5	517_5	712_5	904_5	949_5	927	$+7$	$+2$
Jan. 1903	161	590	513	715	900	943	921_5	$+1_5$	$+0_5$
Jan. 1904	161	589	513	717	894	938	916	-4	-1
März 1905	162	588	510	720	899_5	943_5	921_5	$+1_5$	$+0_5$
März 1906	162_5	587	507	723	895	940_5	918	-2	-0_5
Mai 1907	163_5	586_5	504_5	726	892_5	939	916	-4	-1_5
Mai 1908	156_5	593_5	504_5	725_5	901_5	948	925	$+5$	$+2$
Mai 1909	162	588	504	725_5	896	939	917_5	-2_5	-1
Mai 1911	163	590	497	731	894	940	917	-3	-1
Mai 1912	164_5	589	494	732_5	898	943_5	921	$+1$	$+0_5$
Juni 1913	165_5	585_5	494	735	891	938_5	915	-5	-2
						Mittel:	0,999920		

Die Mittelwerte der beiden Büchsen I_A und I_C in Spalte 7 sind erhalten unter derselben Annahme, daß das Mittel der vier Normale (Spalte 1 bis 4) konstant gleich 1,001 745 Ohm ist. Wie die Differenzen der einzelnen Mittel vom Gesamtmittel 0,999 920 (Spalte 8) zeigen, ist das Verhalten der beiden Widerstände vor und nach dem Termin, an welchem sie in einen Raum von konstanter Feuchtigkeit gebracht worden sind, nicht verschieden. In beiden Fällen ist die Konstanz eine sehr zufriedenstellende.

Die letzte Spalte 9 gibt wieder die Zuschläge an, welche man an den Widerstandswerten jeder Zeile anbringen müßte, wenn alle 6 Widerstände als konstant angenommen würden. Auch in diesem Fall betragen jene Zuschläge nur wenige Millionstel.

Da die alte Form der Büchsen, wie gezeigt worden ist, im Gegensatz zu der neuen keinerlei Nachteile mit sich bringt, sondern sich im Gegenteil sehr gut bewährt, so sehen wir keine Veranlassung, diese zuverlässige, von der Reichsanstalt angegebene Form zu verlassen[1]).

Es muß an dieser Stelle noch kurz auf eine Ende vorigen Jahres erfolgte Mitteilung von Wenner[2]) eingegangen werden, weil darin unrichtige Angaben über die Konstanz der Widerstände nach der von der Reichsanstalt angegebenen Form enthalten sind, die nicht unwidersprochen bleiben dürfen.

Zunächst sind in Tabelle I auf *S. 415* jener Abhandlung die Werte für zehn abgeschlossene Widerstände (Sealed Type) in dem Zeitraum von 2 Jahren angegeben. Diese Widerstände sind unter einer größeren Anzahl als besonders konstante ausgewählt. Trotzdem erreichen die Schwankungen in dem verhältnismäßig kurzen Zeitraum mehrere Hunderttausendstel. Die Konstanz ist also durchaus nicht besser, sondern vielmehr schlechter als bei den angeführten Widerständen der Reichsanstalt. Auf *S. 416* wird dann ausgeführt: „*With the older or Reichsanstalt Type of standards the relative changes were usually considerably more, especially in standards having resistances of 100 ohms or above, where the changes in two or three years have somtimes amounted to 0,1 per cent or even more.' When however, the standards of the higher denomination are of the sealed type the changes are much smaller.*“

Anderungen von 1 Promille und mehr können nur bei schlecht konstruierten Widerständen, die auch vielleicht nicht hinreichend vorsichtig gealtert sind, auftreten. Bei den Büchsen der Reichsanstalt wurden solche Änderungen nicht beobachtet, können aber an den verschlossenen Büchsen ebenso auftreten wie bei den nichtverschlossenen. Daß diese Änderungen mit den *periodischen* Schwankungen der Widerstände durch die wechselnde Feuchtigkeit, auf die es doch hier allein ankommt, nichts zu tun hat, liegt auf der Hand. Daher ist diese Mitteilung in der vorliegenden Form irreführend. Die vielleicht bei vereinzelten Büchsen beobachteten größeren Veränderungen haben nichts mit der von der Reichsanstalt angegebenen Form zu tun. Es ist auch in der Mitteilung nicht angegeben, von wem diese Büchsen hergestellt sind. Wie die im vorstehenden mitgeteilten Erfahrungen der Reichsanstalt zeigen, entspricht die von ihr angegebene Form der Widerstandsbüchsen allen Anforderungen, die man überhaupt billigerweise an die Konstanz der Widerstände stellen kann.

Auch F. E. Smith in Teddington fand[3]), daß die Wolff'schen Widerstände nur sehr geringe Änderungen infolge der Luftfeuchtigkeit aufweisen.

5. Internationale Vergleichungen; Schlußfolgerungen.

Es soll zum Schluß noch kurz auf die Vergleichung der Widerstandseinheit der Reichsanstalt mit derjenigen anderer Länder eingegangen werden.

Außer Deutschland besitzt zur Zeit nur England Quecksilberrohre, während die Widerstandsbasis der anderen Länder durch Manganin- und andere Widerstands-

[1]) Vgl. K. Feußner und St. Lindeck, *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 394. 1895.*

[2]) Fr. Wenner, *Constancy of wire resistance standards. Journ. Wash. Acad.* ***2.*** *S. 414. 1912.*

[3]) F. E. Smith, *The variation of Manganin resistances with atmopheric humidity. Phil. Mag.* ***16.*** *S. 450. 1908.*

büchsen gebildet wird, welche an die Einheit Deutschlands oder Englands angeschlossen sind.

Daher bietet zunächst nur die Vergleichung mit der englischen Widerstandseinheit ein wesentliches Interesse. Eine solche wurde 1910 in Washington ausgeführt gelegentlich des Zusammenarbeitens von Amerika, Deutschland, England und Frankreich zum Zweck der Bestimmung der *EMK* des Weston-Normalelements. Als Widerstandseinheit wurde damals das Mittel der deutschen und englischen Widerstandseinheit zugrunde gelegt, das sich durch Vergleichung von Büchsen ergab, welche die Vertreter von Deutschland und England mitgebracht hatten.

Damals wurde für diese Differenz (*NPL* = *National Physical Laboratory* in Teddington, England; *PTR* = Physikalisch-Technische Reichsanstalt; *LCE* = *Laboratoire Central d'Électricité*, Paris; *BS.* = *Bureau of Standards* in Washington *DC*) unter Annahme des Mittelwertes 1,001745 für die vier Manganin-Normale der *PTR* gefunden:

NPL — *PTR* = 10 Millionstel[1]).

Unter Zugrundelegung des *S. 296* abgeleiteten neuen Mittelwertes für die vier Büchsen (1,001727) würde diese Differenz auf 28 Millionstel anwachsen.

Eine indirekte Vergleichung ergab sich später durch die Messung von vier verschlossenen Manganinbüchsen des *BS.*, welche von diesem Institut in dankenswerter Weise an verschiedene Länder zur Vergleichung herumgesandt und verschiedentlich gemessen wurden. Die Resultate der Vergleichungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Überschuß bei 25° über 1 Ohm in Millionstel Ohm.

Nr.	*BS* März 11	*NPL* Apr. 11	*PTR* Juli/Dez. 11	*NPL* Dez. 11	*BS* Jan./Juni 12	*LCE* Sept. 12	*PTR* Okt. 12	*NPL* Okt. 12	*LCE* Nov. 12
11	+ 53	+ 52	+ 45	+ 50	+ 51	+ 42	+ 35	+ 37	+ 43
12	+ 55	+ 53	+ 45	+ 51	+ 52	+ 44	+ 35	+ 39	+ 42
3939	+ 99	+ 100	+ 90	+ 100	+ 99	+ 94	+ 89	+ 93	+ 94
3940	+ 99	+ 100	+ 91	+ 100	+ 100	+ 94	+ 91	+ 95	+ 97

Die Widerstandseinheit des *LCE* gründet sich auf Drahtwiderstände, deren Wert auch auf die in Washington bestimmte Basis bezogen ist. Alle Werte der Tabelle sind auf diese Basis reduziert.

Die Zusammenstellung zeigt zunächst, daß die Widerstände 11 und 12, trotzdem sie verschlossen sind, um etwa ein Hunderttausendstel abgenommen haben, wozu z. T. vielleicht auch der Transport der Büchsen durch die Post beigetragen haben kann. Im übrigen ergibt sich aber daraus, daß die 1910 festgelegte Einheit von den vier Ländern mit sehr erfreulicher Konstanz beibehalten worden ist.

1. Die vorstehenden Darlegungen zeigen, daß sich die Widerstandseinheit der Reichsanstalt in der bisherigen Beobachtungszeit von mehr als zwanzig Jahren innerhalb eines Hunderttausendstel konstant erhalten hat.

2. Ein irgendwie in Betracht kommender Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Normale von 1 Ohm konnte nicht nachgewiesen werden.

---

[1]) *Report to the International Committee on Electrical Units and Standards. Washington 1912. S. 94.*

3. Die englische und deutsche Widerstandseinheit, wie sie durch die Quecksilberrohre der beiden Länder dargestellt wird, scheint nach dem vorstehenden auf wenige Hunderttausende übereinzustimmen. Eine größere Übereinstimmung ist in Anbetracht der Beobachtungsfehler nicht zu erwarten.

Das Zucker-Refraktometer.

Von

Fritz Löwe in Jena und **Otto Schönrock** in Charlottenburg.

Das verbreitetste technische Refraktometer zur Untersuchung von Flüssigkeiten ist das Abbesche[1]) mit heizbaren Prismen. Sein Meßbereich umfaßt die Brechungsindices von 1,300 bis 1,700, und mittels seines Kompensators, der aus zwei sich entgegengesetzt drehenden, geradsichtigen, symmetrischen dreiteiligen Amicischen Prismen besteht, kann man bei Verwendung von weißem Licht die Grenzlinie für Flüssigkeiten von noch so verschiedenem Dispersionsvermögen achromatisieren. Für laufende Untersuchungen gleichartiger Stoffe ist indessen die universelle Brauchbarkeit eines Meßinstrumentes nicht immer ein Nutzen.

Man vermeidet womöglich einen Apparat zu benutzen, von dem man nur einen kleinen Teil des Meßbereichs wirklich nötig hat, und sucht dann nach einem Spezialinstrument, das vermöge beschränkter Anforderungen einfacher und weniger kostspielig ist und doch innerhalb seines Anwendungsbereiches mindestens dasselbe leistet wie das Universalinstrument. Aus diesen Erwägungen heraus ist seinerzeit das Butter-Refraktometer[2]) konstruiert worden, dem sich später das Milchfett-Refraktometer[3]) und das Eintauch-Refraktometer[4]) anschlossen. Die über Erwarten rasche Ausbreitung der refraktometrischen Ermittelung der scheinbaren Trockensubstanz von Zuckerfabrik-Produkten aller Art[5]) und die Ergebnisse längerer Untersuchungsreihen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt haben uns veranlaßt, einer Anregung von Herrn Geheimrat Herzfeld zu folgen und ein den besonderen Bedürfnissen der Zuckerindustrie angepaßtes, einfaches Modell des Abbeschen Refraktometers zu bauen, das gleichzeitig genauer und weniger kostspielig als das Refraktometer nach Abbe werden sollte.

Bei der von der Internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchung, sowie von der Firma Carl Zeiss in Jena angeregten Ausarbeitung einer möglichst genauen Tabelle des Zusammenhanges zwischen Lichtbrechung und Wassergehalt von Zuckerlösungen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt stellte der eine von uns (S.) fest, daß die Zuckerlösungen der ver-

[1]) E. Abbe, Neue Apparate zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungsvermögens fester und flüssiger Körper. Jena, Maukes Verlag (Hermann Dufft) 1874. *S. 41.* — Zur geschichtlichen Entwickelung des Zucker-Refraktometers werde bemerkt, daß bereits in diesem Buche *S. 79* Abbe eingehend darauf hingewiesen hat, den Zuckergehalt in Lösungen mit dem Refraktometer zu ermitteln. — Vgl. auch C. Pulfrich, *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 107. 1898.*

[2]) C. Pulfrich, *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 112. 1898; Pharmac. Zentralhalle* ***36.*** *S. 433. 1895.*

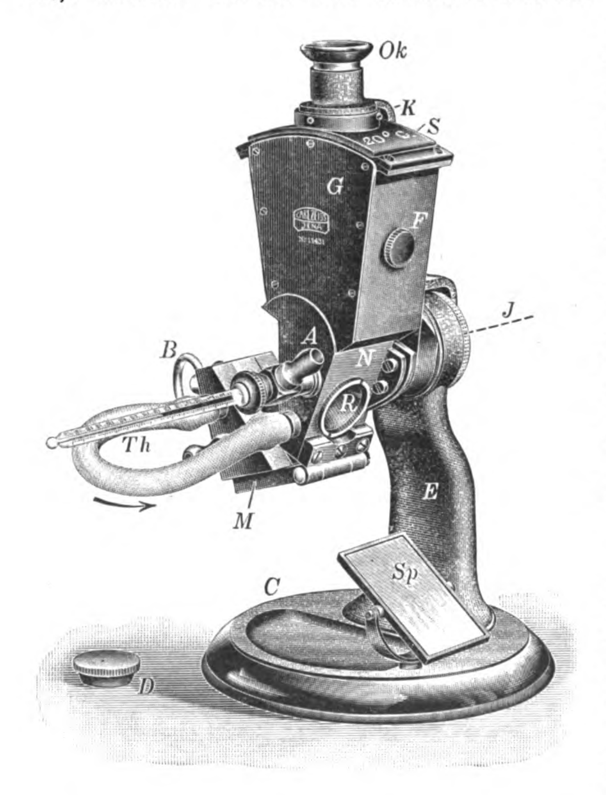
[3]) Zuerst beschrieben von Naumann, *Leipz. Milch-Zeitg.* ***29.*** *S. 50. 66, 84. 1900.*

[4]) C. Pulfrich, *Zeitschr. f. angew. Chem. 1899. S. 1168.*

[5]) Bis Ende 1912 waren ca. 50 Arbeiten über diesen Gegenstand erschienen; sie sollen in der Gebrauchsanweisung zusammengestellt werden.

schiedensten Konzentrationen sich durch eine sehr gleichmäßige Dispersion auszeichneten. Das äußerte sich darin, daß bei der Messung der Lösungen in einem Abbeschen Refraktometer eine und dieselbe Kompensatorstellung für Wasser, für schwache und für starke Zuckerlösungen zur Achromatisierung der Grenzlinie der Totalreflexion ausreichte. Er fand also, daß es möglich ist, mit einem Kompensatorsystem von fester Dispersion die Grenzlinien für Wasser und für Zuckersäfte hinreichend genau zu achromatisieren und durch Einführung eines einzigen, festgelagerten einfachen Kompensatorprismas das neue Refraktometer zu verbilligen; ferner berechnete er[1]) bei dieser Gelegenheit ein neues Abbesches Doppelprisma aus einem leichteren und somit weniger leicht verletzlichen Flintglase, das, wie bei den vorher genannten Spezialkonstruktionen, die Meßskale gegenüber dem Abbeschen Refraktometer unter sonst gleichen Umständen weiter ausdehnt, so daß der Fehler bei der Bestimmung des Brechungsquotienten merklich geringer wird.

Bei der konstruktiven Durchbildung des Instrumentes wurden gegenüber dem Abbeschen Refraktometer folgende Änderungen getroffen: Die Teilung nach Brechungsindices, die sich auf dem Sektor des Abbeschen Refraktometers neben dem Fernrohre befindet, wurde ganz weggelassen; die Teilung nach Trockensubstanz-Prozenten dagegen, die wiederholt auf dem Sektor neben der Brechungsindex-Teilung angebracht worden war, sollte womöglich in das Fernrohr selbst verlegt werden. Da nun der Winkelwert dieser Teilung das Gesichtsfeld eines Fernrohres weit überschreitet, konnte das Fernrohr nicht, wie beim Butter-, Milchfett- und Eintauch-Refraktometer, mit dem Doppelprisma fest verbunden werden. Es mußte also das drehbare Fernrohr in das feste System des Prismengehäuses und der zylindrischen durchsichtigen Sektorteilung eingebaut werden. Dies ist in einer Weise ausgeführt worden, daß sowohl die Skale wie das Fernrohr gegen Verunreinigung bestens geschützt sind; das Instrument kann eigentlich nur durch mutwilligen Eingriff beschädigt werden.



Wie die Figur zeigt, besteht das Untergestell des Refraktometers aus einem runden Fuß C mit einer als Handgriff ausgebildeten Säule E, die das Achsenlager J enthält. Der Oberbau, der von dem Doppelprisma MN und dem Fernrohrgehäuse G gebildet wird, ist als Ganzes um eine wagerechte Achse kippbar. Um dieselbe Achse kann man auch mittels des Bügels K das Fernrohr allein drehen, dessen Okular Ok sichtbar ist, während das Objektiv nebst dem Kompensator in das Gehäuse

[1]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S.* 205. *1912.*

eingebaut ist. Die Skale, die sich auf einem zylindrischen Glasstreifen befindet, wird durch die Staubkappe *S* verdeckt; sie ist von 0 bis 50 nach ganzen und von 50 bis 85 nach halben Prozenten Trockensubstanz geteilt. Im Okular ist ein Strichkreuz angebracht. Um eine Messung zu machen, füllt man die Substanz in bekannter Weise in das Doppelprisma, welches mit Hilfe des Bajonettverschlusses *B* leicht zu öffnen und zu schließen ist, beleuchtet den Apparat mittels des Spiegels *Sp* mit weißem Licht und stellt durch Drehen am Bügel *K* die Grenzlinie auf den Schnittpunkt des Fadenkreuzes ein, dann zeigt die Grenzlinie in der neben dem Fadenkreuze sichtbaren Skale direkt die Trockensubstanz-Prozente an; die Zehntel lassen sich dabei bequem schätzen. Die zugehörige Temperatur wird an dem Thermometer *Th* abgelesen. Zur Prüfung der Justierung mißt man destilliertes Wasser wiederholt bei 20° C, es soll den Skalenteil 0 anzeigen. Weicht die Einstellung von diesem Werte ab, so öffnet man das Fenster *F* und verstellt mittels eines beigegebenen Schlüssels das Objektiv ein wenig, bis die Grenzlinie gleichzeitig auf dem Fadenkreuz und auf dem Nullstrich der Teilung einsteht. Die Untersuchung dunkler Säfte erfolgt zweckmäßig im reflektierten Lichte[1]). Man stellt dabei den Spiegel *Sp* so, daß er sein Licht nicht in das Prisma wirft, beleuchtet vielmehr, nachdem man den Deckel *D* abgenommen hat, die Öffnung *R* und stellt die Grenzlinie, die bei dieser Beleuchtungsart nicht eine Grenze zwischen Hell und Dunkel, sondern zwischen einem sehr hellen und einem weniger hellen Felde darstellt, wie sonst auf das Fadenkreuz ein. Auf diese Weise läßt sich selbst die dunkelste gewöhnliche Melasse direkt ohne Verdünnung noch genau mit dem Apparat untersuchen. Mit der Achromatisierung der Grenzlinie hat man weder bei durchfallendem noch bei reflektiertem Lichte etwas zu tun, sie wird von dem Kompensator besorgt.

Die Angaben des Instruments gelten entweder für 20° oder für 28°; die erste Temperatur gilt als Normaltemperatur in der gemäßigten Zone, die zweite in den Tropen; die Normaltemperatur wird in jedes Instrument außen eingraviert. Beobachtet man bei abweichenden Temperaturen, so bedient man sich einfacher Korrektionstabellen, welche von Schönrock[2]) und Prinsen-Geerligs[3]) ausgearbeitet sind und die in der Gebrauchsanweisung ausführlich wiedergegeben werden.

Der Skale des neuen Refraktometers ist von 0 bis 60% die Tabelle der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[4]), von 60 bis 85% diejenige von Main[5]) zugrunde gelegt.

Die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgearbeitete Tabelle gilt für 20° C und ist in der folgenden Übersicht[6]) mit den älteren zur refraktometrischen Ermittelung der Trockensubstanz ausgearbeiteten zusammengestellt.

Die erste Kolumne der Tabelle enthält die auf Luft bezogenen Brechungsquotienten bei 20° für Natriumlicht, d. h. die Mitte der beiden *D*-Linien (also die Wellenlänge 0,5893 μ in Luft von 20° und 760 *mm* Druck), die zweite die zugehörigen

---

[1]) Nach dem Vorgange von Abbe, *Sitzungsber. der Jenaischen Gesellsch. f. Med. u. Naturw. 1879, Sitzung vom 21. Februar.*

[2]) Otto Schönrock, *diese Zeitschr.* ***31.*** *S. 192. 1911; Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* ***61.*** *S. 425. 1911.*

[3]) H. C. Prinsen-Geerligs, *Internat. Sugar Journ.* ***10.*** *S. 70. 1908.*

[4]) Otto Schönrock, *diese Zeitschr.* ***31.*** *S. 191. 1911; Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* ***61.*** *S. 421. 1911.*

[5]) Hugh Main, *Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* ***57.*** *S. 1008. 1907.*

[6]) F. Löwe, *Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* ***63.*** *S. 231. 1913.*

Zuckerprozente nach Schönrock, d. h. die Anzahl Gramm Zucker in 100 *g* reiner Zuckerlösung (reine Saccharose in Wasser), während die folgenden Kolumnen die Zuckerprozente enthalten, welche sich für die Brechungsindices der ersten Kolumne aus den Tabellen von Main, Tolman und Smith[1]), Prinsen-Geerligs und van West[2]), sowie Hübener[3]) ergeben, wobei die Werte von Prinsen-Geerligs von 28° auf 20° umgerechnet sind. Die Abweichungen dieser Tabellen unter einander, von denen die erste in Charlottenburg, die zweite in London, die dritte in Washington, die vierte in Java und die letzte in Halle aufgestellt ist, liegen innerhalb der Fehlergrenze, die die Zuckertechnik zulassen dürfte.

Brechungsexponent	Schönrock	Main	Tolman und Smith	Prinsen-Geerligs	Hübener
1,3403	5%	5,2%	5,0%	5,0%	5,1%
1,3479	10	10,2	10,1	10,1	10,0
1,3557	15	15,2	15,1	15,1	15,0
1,3639	20	20,1	20,1	20,2	20,0
1,3723	25	25,1	25,1	25,1	
1,3811	30	30,0	30,1	30,0	
1,3902	35	35,0	35,0	35,0	
1,3997	40	40,0	40,0	40,1	
1,4096	45	45,0	45,0	45,0	
1,4200	50	50,0	50,0	50,0	
1,4307	55	55,1	55,0	54,9	
1,4418	60	60,0	60,0	59,9	
1,4532	65	64,9	64,9	65,0	
1,4651	—	70	69,9	69,8	
1,4774	—	75	74,9	74,7	
1,4901	—	80	79,9	79,9	
1,5033	—	85	85,0	84,9	

Über Medial-Fernrohre von kurzer Brennweite.

Von

L. Schupmann, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Die im Mai dieses Jahres zu Landstuhl in der Pfalz erfolgte Fertigstellung eines Medial-Fernrohres von 38,5 *cm* Öffnung und der außergewöhnlich kurzen Brennweite von 3,85 *m* veranlaßt mich, einiges über derartig weitgeöffnete Medial-Systeme mitzuteilen, um so mehr, da ich in meiner Schrift „Die Medial-Fernrohre"[4]) diesen Instrument-Typus nicht eingehend behandelt habe.

Herrn Astronom Ph. Fauth zu Landstuhl ist es in erster Linie zu danken, wenn er durch diese bedeutsame Ausführung Gelegenheit gab, die Vorzüge der Mediale zu

---

[1]) L. M. Tolman und W. B. Smith, *Journ. of the Amer. Chem. Soc.* ***28.*** *S. 1476. 1906.*

[2]) H. C. Prinsen-Geerligs und W. van West, *Arch. v. d. Java-Suiker-Industrie* ***15.*** *S. 487. 1907.*

[3]) Th. Hübener in dem Aufsatze O. E. v. Lippmanns, *D. Deutsche Zuckerind.* ***33.*** *S. 106. 1908.*

[4]) Leipzig, B. G. Teubner 1899. Referat in *dieser Zeitschr.* ***19.*** *S. 289. 1899.*

erproben. Die Ausführung des Instrumentes erfolgte nach meinen Zeichnungen und Berechnungen durch die bekannte Münchener Firma G. & S. Merz, welche mir durch eine trigonometrische Kontrollrechnung des Systems behilflich war. Neben den Spenden hochherziger Gönner ist besonders hervorzuheben, daß die Bayerische Akademie der Wissenschaften eine namhafte Summe für das Instrument bewilligte.

Fig. 1 zeigt das Landstuhler Instrument in den Hauptlinien; in Fig. 2 ist in den richtigen Größenverhältnissen und Radien das optische System in größerem Maßstabe gezeichnet. Das Licht durchsetzt das einlinsige Objektiv O und gelangt dann zu dem schwach konvexen, total reflektierenden Prisma; nach Passieren der beiden Linsen d und S erreicht es, an der belegten Hinterseite von S zurückgeworfen, das Okular. Das Prisma ist so gekrümmt, daß Objektiv und Spiegel in konjugierten Punkten stehen; so ist die Sinusbedingung des ganzen Systems erfüllt, da das Objektiv für sich der Sinusbedingung genügt, und zur Aufhebung des sekundären Spektrums ist weiter nichts nötig, als daß alle Linsen aus derselben Glasart (gewöhnliches Crown) hergestellt werden. Gewöhnliche Okulare werden zur Beobachtung verwendet. Bei diesem Landstuhler Typus ergibt sich die Größe des Spiegeldurchmessers ungefähr zu $\frac{1}{5,4}$ des Objektivdurchmessers.

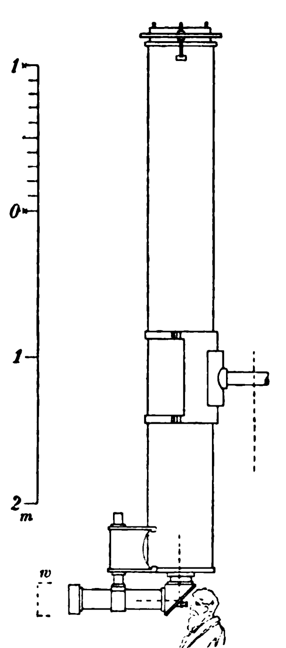


Fig. 1.

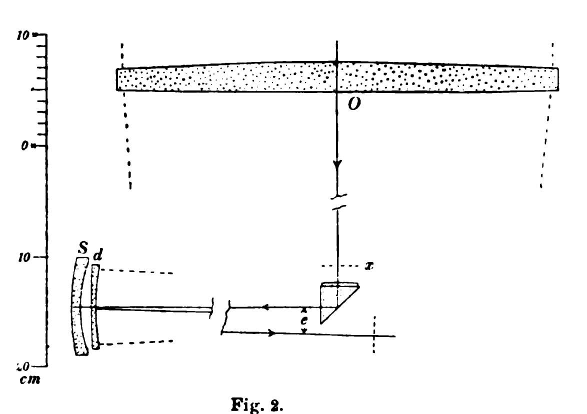


Fig. 2.

Ein anderer Typus, welcher statt der beiden Crown-Linsen S und d nur eine aus gewöhnlichem Flint ($n = 1,62$) bestehende belegte Linse verwendet, zeigt bei erfüllter Sinusbedingung (wenn also das dialytische Prinzip nicht angewandt wird) sekundäres Spektrum, und zwar ungefähr den 2,6-ten Teil desjenigen sekundären Spektrums, welches in einem Refraktor-Objektiv bei Anwendung desselben Crown und Flints, bei gleicher Öffnung und Brennweite entstehen würde. Bei diesem Typus reicht aber das Querrohr bis zu der punktierten Linie w (Fig. 1), und die Größen von Objektiv- und Spiegeldurchmesser verhalten sich wie 4,2 zu 1.

Das Mikrometer wird bei den Medialen am zweckmäßigsten im unkorrigierten Brennpunkt in der Ebene x (Fig. 2) angeordnet. Einige darauf bezügliche Bemerkungen werde ich in den *Astronomischen Nachrichten* veröffentlichen.

Vornehmlich wird bei Konstruktion der Mediale das Bestreben dahin gerichtet sein, den Abstand e (Fig. 2) der Prismaachse von der Okularachse möglichst klein zu halten, so daß möglichst nahe an der Kante des Prismas vorbei beobachtet wird. Die Untersuchung der aus dieser Exzentrizität sich ergebenden Ungenauigkeiten und

ihre Beseitigung ist der interessanteste Teil der Theorie dieser Instrumente. Infolge des Abstandes e treffen die Büschel beide Konkavlinsen und die Spiegelfläche nicht zentrisch, sondern geneigt, und werden unter derselben Neigung wieder zurückgeworfen. Auf den ersten Blick hält man es für höchst unwahrscheinlich, daß ein scharfes Bild durch einen derartig unsymmetrischen Strahlengang zustande kommen könne, und doch ist gerade dieser Fall ein Ausnahmefall, der eine scharfe Abbildung unter Umständen gewährleistet. Gehen nämlich vom Objektpunkte Q (Fig. 3) Strahlen aus, die auf einen Hohlspiegel mit vorgelagerter Konkavlinse fallen und sich zum Bildpunkte B vereinigen, so zeigen die hier gültigen Formeln, daß das Bild frei von Koma ist, wenn Q und B vom Spiegel gleichweit entfernt sind; die Winkel γ und φ werden als relativ klein vorausgesetzt. Unter diesen spiegelnden Linsen gibt es nun eine spezielle Form, die den Vorzug besitzt, komafreie Bilder zu liefern, auch wenn Q und B in verschiedenen Entfernungen vom Spiegel liegen. Diese Form besitzt auch die Eigenart, daß die Scheitelpunkte der Winkel φ auf einer Kreislinie liegen, die durch Q und B geht, wenn diese Punkte gleichweit vom Spiegel liegend gedacht

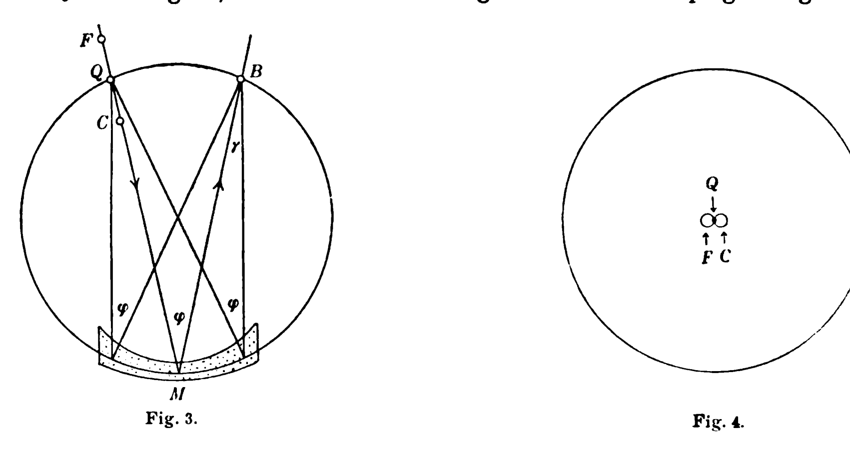


Fig. 3. Fig. 4.

werden. Für diese bemerkenswerte Spiegelform findet man die Brennweite der vorgelagerten Konkavlinse ungefähr zu 1,65 MB. Je nach der angewandten Glasart wechselt dieses Verhältnis etwas.

Leider kann diese ideale Spiegelform beim Mediale praktisch nicht Verwendung finden, da sie zu wenig Zerstreuung besitzt, um die Objektiv-Zerstreuung aufzuheben. Beim Typus mit einfacher Spiegellinse kommt diese aber der Idealform ziemlich nahe, so daß Koma-Erscheinungen bei diesem Instrument-Typus bei sonst sachgemäßer Ausführung nicht zu befürchten sind.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Medialen mit zweilinsiger Kompensation. Da bei den diesbezüglichen Entwicklungen die Radien der Linsen ausfallen und nur ihre Brennweiten auftreten, so kann man sich die zwei vor dem Spiegel angeordneten Linsen in eine einzige vereinigt denken, und man findet so durch Addition der reziproken Brennweiten ihrer Bestandteile die Brennweite der vereinigten Linse beim Landstuhler Typus zu 0,38 MB. Es weicht also die Anordnung von der idealen sehr stark ab, man kann sich auf Koma-Erscheinungen gefaßt machen, wenn nicht QM und MB gleichgemacht werden. Auch wenn das geschieht, bleibt immer noch ein Bedenken übrig. Das blaue Bild des vom einlinsigen Objektiv entworfenen Sternpunktes befindet sich bei F (Fig. 3), das rote bei C, für Rot und Blau wird also Koma entstehen. Alles, was vorab zu tun möglich ist, besteht darin, daß für die leuchtendsten Strahlen Q die Koma aufgehoben wird.

Ehe wir weiterschreiten, wollen wir uns ein Bild über die Größe dieser Farbenkoma machen. Der große Kreis der Figur 4 bedeutet den Ort, zu welchem die Randstrahlen für die Spektrallinien C und F bei einem Refraktor von $^1/_{15}$ Öffnungsverhältnis und unter Anwendung des üblichen Crown und Flints infolge des sekundären Spektrums vom Bildpunkte Q der leuchtendsten Strahlen abgelenkt werden. Im selben Maßstabe gezeichnet ist die Farbenkoma, welche bei einem Medial des zweilinsigen Typus vom Öffnungsverhältnisse $^1/_{10}$ (nicht etwa $^1/_{15}$) für die *Randstrahlen* in der Fokalebene auftritt und welche annähernd in dem kleinen Kreise F für die F-Strahlen und in dem Kreise C für die C-Strahlen des Spektrums besteht. Der Durchmesser jedes dieser kleinen Kreise beträgt ca. 0,3 Sekunden objektseitig. Daß man diesen Farbenfehler bei den ausgeführten Medialen niemals hat sehen können, ist teilweise in seiner Kleinheit und in der geringen Leuchtkraft der F- und C-Strahlen begründet, besonders aber darin, daß der Beobachter ihn unbewußt als einseitigen (prismatischen) Farbenfehler auffaßt, ihn an der Prisma-Stellvorrichtung korrigiert und dadurch *annähernd* die beiden Kreise zur Deckung bringt. Der unsymmetrische Fehler wird also auf diese Art unwillkürlich in einen nahezu symmetrischen verwandelt.

Da bei den allergrößten Instrumenten die Beseitigung dieses Fehlers geboten ist, soll im folgenden der Weg, der dazu führt, angedeutet werden. Daß die Beseitigung möglich ist, zeigt zunächst eine allerdings nicht völlig exakte Betrachtungsweise. Die Linse d (Fig. 5) sei so geneigt, daß sie zu dem einfallenden Mittelstrahle FM senkrecht steht, weiter sei sie so geformt, daß sie der Sinusbedingung für von Q ausgehende bzw. für nach B konvergierende Strahlen entspricht. Das von F ausgehende blaue Strahlenbüschel wird nach dem ersten Passieren der Linse d keine Koma zeigen können, da das Büschel die Linse senkrecht trifft; nach dem zweiten Passieren von d vereinigen sich die Strahlen im korrigierten Bildpunkte B, und für diesen Bildpunkt entspricht die Linse d der Sinusbedingung; ihre Neigung zum Mittelstrahle kann also auch beim zweiten Passieren des Lichtes keine nennenswerte Koma verursachen. Es bleibt noch die durch die Spiegellinse S verursachte Koma. Diese Linse entspricht aber annähernd der Idealform, so daß wir zu dem Gesamtergebnis kommen, daß eine solche unsymmetrische Linsenkombination keine nennenswerte Farbenkoma hervorrufen kann.

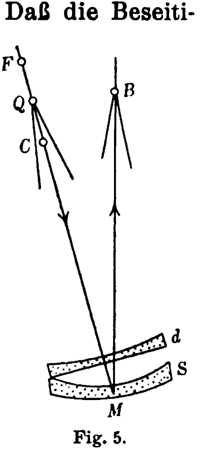


Fig. 5.

Auf die mathematische Lösung der Aufgabe soll hier nicht näher eingegangen werden; sie geht aus von der Differentiation der Annäherungsgleichung für die Koma einer Linse[1]) nach dem Brechungsindex n und nach allen mit ihm sich ändernden Größen. Es seien jedoch die Resultate hier mitgeteilt:

1. Entspricht die Linse d der Sinusbedingung für die leuchtendsten Strahlen mit den Konvergenzpunkten Q und B (Fig. 5), so wird die Farbenkoma für die Mitte des Gesichtsfeldes durch eine Neigung von d aufgehoben, welche kleiner ist als die oben angegebene.

2. Hat die Linse d jedoch eine andere Form, wie es bei den besten Arten des zweilinsigen Typus der Fall ist, so kommt man mit einer einfachen Neigung der Linse d nicht aus; es muß vielmehr noch eine Verschiebung der Linsen d und S gegeneinander eintreten, so daß ihre Mitten nicht genau zentrisch aufeinander liegen.

[1]) Vgl. meine Schrift „Die Medial-Fernrohre". *S. 21*; Gl. 13.

Die Neigung der Linse *d* kann unter Umständen entgegengesetzt liegen, wie in Fig. 5 gezeichnet. Neigung und Verschiebung fallen durchweg relativ klein aus.

Nachdem wir so durch die Fortschaffung der Farbenkoma ein tadellos farbenreines Bild in der Gesichtsfeld-Mitte erreicht haben, fällt uns als Belohnung noch ein anderer Vorteil zu; die Neigung der Linse *d* kompensiert nämlich annähernd den Astigmatismus, welcher in dem Systeme infolge des Abstandes *e* auftritt (Fig. 2). Das Objektiv braucht jetzt nicht mehr um den Winkel ca. $^1/_{100}$ geneigt zu werden, wie sich bei symmetrischer Anordnung der Linsen *d* und *S* ergibt, es genügt jetzt eine Objektiv-Neigung von ca. $^1/_{180}$; demgemäß ist eine viel geringere Genauigkeit für die Objektiv-Stellung erforderlich. Besonders bei diesen weitgeöffneten Systemen ist das von Vorteil.

Obwohl so in der Gesichtsfeld-Mitte ein scharfes Bild erreicht ist, bleiben doch noch für die Randpartien kleine Fehler übrig; diese Fehler sind jedoch ohne Bedeutung, so daß bei mäßig großem Gesichtsfelde die Messungen und Beobachtungen nicht beeinträchtigt werden.

Sehr wichtig bei den Medialen ist eine peinlich genau durchgeführte Justierung. Es sind bei dem zweilinsigen Typus alle die Elemente vorhanden, um sich zeigende Fehler zu beseitigen, darunter auch solche, die durch ungenaue Ausführung entstehen. Es werden korrigiert:

Die Farbe auf der Achse durch Änderung des Abstandes Prisma-Kompensation.

Die Kugelabweichung des Objektivs, welche selten mit der theoretischen übereinstimmt, durch Neuanfertigung der Linse *d* (Veränderung ihrer Radien unter Beibehaltung ihrer Brennweite).

Die Koma durch Neigen der Linse *d*, der Astigmatismus durch Neigen des Objektivs.

Zur Durchführung der Justierung ist eine Vorrichtung zum Erzeugen künstlicher Sternpunkte durch Lampenlicht in 800 bis 1000 facher Brennweitenentfernung sehr vorteilhaft, fast möchte ich sagen unerläßlich. So ist die Justierung nicht vom heiteren Himmel abhängig und kann zu jeder Tageszeit bei fast allen Witterungsverhältnissen durchgeführt werden.

Ein abschließendes Urteil über die Leistungen des Landstuhler Medials läßt sich jetzt noch nicht abgeben, doch sind schon in vereinzelten Fällen Doppelsterne von 0,3 Sekunden Distanz gut dargestellt worden. Schon vor der definitiven Justierung zeigte es Marsbilder, die sich mit den besten vorhandenen messen konnten.

Neuer Synchronisator für schwingende oder rotierende Gangordner.

Konstruiert und gebaut von Ing. Karl Satori in Wien.

Von

Ingenieur **Max Schanzer** in Wien.

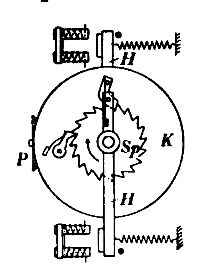
Der neue Synchronisator (siehe die schematische Figur) besteht aus einem Planetenrad *P*, welches mit zwei gleichgroßen Kegelrädern *KK* in Eingriff steht und auf eine mit dem Kegelräderpaar konaxiale Welle *W* treibt.

Diese wirkt mittels Schraube und Wurmradsegment *S* auf jenes Organ des zu synchronisierenden Gangordners ein, welches die *Ganggeschwindigkeit* verändert, z. B. auf den Rucker einer Unruhe.

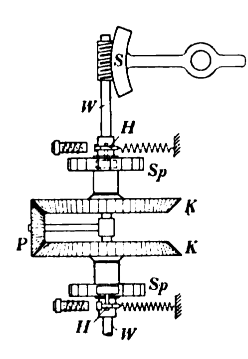
Auf der Achse jedes Kegelrades sitzt starr ein Sperrad *Sp*, von denen beispielsweise in einer Uhrenanlage eines durch die Hauptuhr, eines durch die zu synchronisierende Nebenuhr mittels elektromagnetischer Klinke *H* fortgeschaltet werden kann.

Die Schaltrichtungen der beiden Gesperre sind einander entgegengesetzt. Die Schaltbewegungen wiederholen sich *minutlich* und bewirken jedesmal eine Fortschaltung der Sperräder um einen Zahn.

Finden die Schaltungen genau gleichzeitig statt, so heben sich die beiden Abwälzbewegungen auf, das Planetenrad dreht sich nur an Ort und der Rucker bleibt in Ruhe. Geht aber die Nebenuhr langsamer, so werden ihre Schaltpausen verlängert: es wird zuerst das Sperrad der Hauptuhr geschaltet, was eine Abwälzung des Planetenrades sowie eine Verstellung des Ruckers bewirkt. Der Rucker wird wieder zurückgeschoben, wenn die Schaltung des zweiten Gesperres stattfindet. *Bis zu diesem Moment aber verbleibt er in einer Stellung, welche auf Beschleunigung der Nebenuhr hinwirkt.*

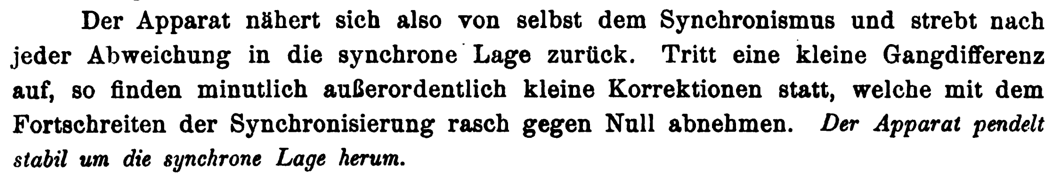


Geht die Nebenuhr zu schnell, so wiederholt sie ihre Schaltungen in kürzerer Zeit; ihre Schaltpausen werden verkürzt. Es wird zuerst das Sperrad der Nebenuhr geschaltet und der Rucker selbsttätig auf „langsamer" gestellt. Diese Korrektion bleibt aufrecht, bis die Schaltung der Hauptuhr erfolgt ist.



Die Sperräder der beiden Pendel machen also nach jeder Minute eine Kontrollbewegung, welche eine Korrektion des Ruckers bewirkt. Dieser bleibt um so länger in der korrigierten Stellung, je größer die Gangdifferenz beider Pendel ist; je größer also der Fehler, desto energischer die Korrektur.

Ganz dasselbe tritt bei Standdifferenzen ein, falls diese den Betrag von einer Minute nicht überschreiten.



Der Apparat nähert sich also von selbst dem Synchronismus und strebt nach jeder Abweichung in die synchrone Lage zurück. Tritt eine kleine Gangdifferenz auf, so finden minutlich außerordentlich kleine Korrektionen statt, welche mit dem Fortschreiten der Synchronisierung rasch gegen Null abnehmen. *Der Apparat pendelt stabil um die synchrone Lage herum.*

Ist vollständige Koinzidenz eingetreten, so geben beide Pendel gleichzeitig Kontakt, beide Elektromagnete ziehen gleichzeitig an, und die minutliche Kontrollbewegung des Kegelräderpaares hat nur eine Drehbewegung des Planetenrades am Ort zur Folge. Der Rucker bleibt in Ruhe.

Der Apparat konvergiert energisch gegen die synchrone Lage; ist diese erreicht, so macht er nur noch seine minutlichen *Fühlbewegungen*, um den Synchronismus aufrecht zu erhalten.

Die bisherigen Synchronisierungs-Apparate haben den Nachteil, daß sie bei größeren Gangdifferenzen aus dem Tritt fallen und versagen. Auf Standdifferenzen reagieren sie überhaupt nicht. Die Regulierung erfolgt stoßweise.

Der beschriebene Synchronisator gleicht jede Gangdifferenz vollkommen aus, ferner beseitigt er Standdifferenzen, falls diese eine Minute nicht übersteigen. Werden Standkorrektionen der Hauptuhr erforderlich, so korrigieren sich die Nebenuhren selbsttätig nach. Eine elektrische Nachstellung wird dadurch überflüssig, was die Schaltanlage wesentlich vereinfacht.

Da die Kontaktgebungen nur alle Minuten (nicht sekundlich) erfolgen, ist der Kraftbedarf des Apparates außerordentlich gering. Der Minutenkontakt wirkt ferner wegen der längeren Kontaktmöglichkeit und der 60 mal größeren Umfangskraft des Minutenrades weitaus sicherer als ein Sekundenkontakt.

Die Gangkorrektion erfolgt nicht stoßweise, sondern erstreckt sich über einen längeren Zeitraum.

Ein „Aus dem Tritt fallen" ist unmöglich.

Die Anordnung ist besonders wichtig für Chronometer mit rotierendem Gangordner, für astronomische Refraktoren und für die Synchronisierung telegraphischer Apparate.

Referate.

Der Einfluß von Luftdruck und Temperatur auf die Angabe von Röhrenlibellen.

Von P. Samel. *Zeitschr. f. Vermess.* **42.** *S. 569, 586, 609. 1913.*

Die Arbeit zerfällt in die zwei Abschnitte: A. Kritik der Ursachen, die die Angabe einer Libelle beeinflussen können, B. Eigene experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Luftdruck und Temperatur auf die Angabe von Libellen.

Als Ursachen der Teilwertänderung werden in A. aufgeführt: 1. Ungleichmäßigkeiten des Schliffs der Libelle, 2. die Änderungen des Luftdrucks und 3. die Änderungen der Temperatur der Libelle. Als Ergebnisse dieses rein theoretischen Abschnitts findet der Verf., daß Luftdruck- und Temperaturänderungen innerhalb der für die geodätische Praxis in Betracht kommenden Grenzen bei ungefaßten Libellengläsern keinen Einfluß auf den Teilwert der Libelle ausüben können, soweit die durch sie bedingten Druckänderungen im Innern der Libelle eine Rolle spielen; eine scheinbare Änderung der Libellenangabe kann aber selbstverständlich bei nicht ganz gleichmäßigem Schliff (nicht ganz konstantem Krümmungshalbmesser des Ausschleifungsbogens) durch eine Temperaturänderung der Libelle hervorgerufen werden. Bei gefaßten Libellen dagegen zeigt die theoretische Untersuchung, daß eine Änderung der Dimensionen der mit der Libelle fest verbundenen Fassung, wie sie durch Temperaturänderungen zu erwarten ist, eine merkliche Änderung des Libellenteilwerts zur Folge haben wird. Dabei ist diese Änderung stärker wegen der Querausdehnung der Libellenfassung als wegen deren Längenausdehnung, so daß bei den Fassungen darauf zu achten ist, daß ihre Formänderungen in der *Quer*richtung sich nicht auf das Libellenglas übertragen können. Die Änderung des Teilwerts ist derart, daß er mit steigender Temperatur abnimmt; nach der Theorie des Verf. ist die Abnahme bei einer 5″-Libelle von 12 *cm* Länge für 30° Temperaturzunahme etwa 0,3″ (Messingfassung vorausgesetzt; andere Fassungen werden nicht in die Betrachtung einbezogen).

Die experimentellen Untersuchungen des Verf. beschäftigen sich mit dem Einfluß von Luftdruck und Temperatur auf den Teilwert von a) ungefaßten Libellen (fünf Stück von 2″ bis 11″ Teilwert auf den Strich von 2 *mm* Länge; Länge etwa 12 *cm*, Durchmesser 1½ *cm*) bei denen die Teilstriche nicht eingeätzt, sondern ohne jede Verletzung des Glaskörpers aufgetragen sind, b) denselben Libellen ohne Fassung nach Einätzung der Teilstriche an den zuvor nach a) bezeichneten Stellen, c) von gefaßten Libellen mit eingeätzter Teilung (vier Stück mit 5″ bis 13″ Teilwert für den Strich von 1 Par. Lin. = 2,26 *mm* Länge; bei einer das Libellenglas eingegipst, bei den drei andern mit in Schellack getränkten Fäden befestigt. Eine dieser Libellen mußte wegen „Klebens" der Blase ausgeschieden werden).

Das Ergebnis einer großen Zahl von Messungen (1911 und 1912) auf einem Libellenprüfer (Arm 43 *cm* lang, von Wolz mit neuer Meßschraube von ½ *mm* Ganghöhe versehen, 1 Teil der Skale 1″ entsprechend) war zunächst, daß ein Einfluß der Luftdrucksänderungen auf die Libellenangabe bei allen Libellen nicht nachweisbar war; der Verf. findet also die

Resultate von Petrelius (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 124. 1902*) nicht bestätigt. Auch die Änderungen der *Temperatur* sind, insofern es sich um eine Änderung der Krümmung des Ausschleifungsbogens handelt, innerhalb der praktisch in Betracht kommenden Grenzen, bei ungefaßten Libellen ohne nachweisbaren Einfluß. Anders liegt die Sache bei gefaßten Libellen: die eine eingegipste zeigt deutlich die gewöhnlich vorhandene Abnahme des Teilwerts mit zunehmender Temperatur, wie sie auch theoretisch zu erwarten (s. oben) und durch die experimentellen Untersuchungen anderer (Reinhertz, Bigourdan) mehrfach bestätigt ist. Weniger übereinstimmend zeigen dieselbe Erscheinung die zwei Libellen, deren Gläser durch mit Schellack getränkte und sehr hart werdende, also ähnlich der Eingipsung wirkende Fäden in der Fassung gehalten werden. Die Größe des Temperaturkoeffizienten des Teilwerts bei gefaßten Libellen, bei denen die Fassung einen Zwang auf den Glaskörper ausübt, scheint stark individuell zu sein; aber jedenfalls ist nicht nur bei eingegipsten Libellen ein solcher Temperaturkoeffizient im allgemeinen sicher vorhanden, sondern in der Regel auch bei den Libellen, deren Gläser durch mit Schellack getränkte Fäden mit der Metall-(Messing-) Fassung verbunden sind. *Hammer.*

Kreuzdosenlibelle.

Nach einem Prospekt von C. Sickler, Karlsruhe, und dem Instrument.

Die genannte Werkstätte für geodätische Instrumente (Inhaber A. Scheurer), Karlsruhe i. B., ist, veranlaßt durch Prof. Dr. Hohenner, dazu übergegangen, die Dosenlibelle statt mit Einspiel-Ring oder -Ringen mit Kreuzstrichen zu versehen; auf der Oberfläche des Glases ist ein Quadrat eingeschnitten durch vier etwas über die Quadratecken hinaus fortgesetzte Striche. Die Libelle sollte statt Kreuzdosenlibelle besser Kreuzstrich-Dosenlibelle heißen. Die Einrichtung soll das Einspielen verschärfen, das bei Ringen auf dem Deckel genau nur bei senkrechter Draufsicht möglich sei, also z. B. bei Theodoliten mit zentrischem Fernrohr und zentraler Dosenlibelle auf der Alhidade nicht ausführbar; durch abwechselndes Zielen in der Richtung der Striche sei jetzt viel größere Einstellungsgenauigkeit möglich, und die neue Libelle vereinige mit der Übersichtlichkeit und Bequemlichkeit der Dosenlibelle die Genauigkeit der Kreuzlibelle. Versuche mit einer 4'-Libelle haben die Einstellgenauigkeit von 20" gegeben. Der Ref. steht der Anordnung etwas skeptisch gegenüber. Bei einer Setzdosenlibelle, z. B. auf dem Meßtisch, fällt der Einwand gegen das Einspielen bei Ringmarken ganz weg; bei einer festen Alhidaden-Dosenlibelle am Theodolit oder anderen Instrumenten, deren Stehachse mit der Dosenlibelle vertikal gerichtet werden soll, muß bei der neuen Einrichtung die Alhidade in eine bestimmte Stellung gebracht werden, wenn das Einspielen bequem sein soll, das eine Paar Kreuzstriche auf eine Fußschraube, das andere Paar parallel zur Verbindung der zwei anderen Fußschrauben gerichtet. Damit ist man dann aber doch nicht des Zielens nacheinander in diesen zwei Richtungen enthoben, wie bei Ringmarken auch; und gerade jenes Drehen der Alhidade in bestimmte Stellung überflüssig zu machen, ist ja der große Vorzug der groben Dosenlibelle vor der Röhrenlibelle. Es ist bekanntlich leicht, mit einer gewöhnlichen 3'- oder 4'-Dosenlibelle ($2^1/_2$ *mm*-Ringe) eine Stehachse rasch und *ohne* Drehung der Alhidade auf 0,5' (und selbst noch etwas feiner) vertikal zu richten. *Mehr* von einer solchen groben Libelle zu verlangen, halte ich aber nicht für zweckmäßig, für größere Genauigkeit ist die Röhrenlibelle da, sei es als Einzellibelle, sei es als Kreuzlibelle, die bekanntlich neuerdings Tesdorpf, Fennel u. a. wieder viel verwendet haben. Ich glaube nicht, daß der „Kreuzdosenlibelle“ ein großes Anwendungsfeld offenstehen wird. *Hammer.*

Empfindliches Manometer für kleine Drucke.

Von Irving Langmuir. *Phys. Rev.* **1.** *S. 337. 1913.*

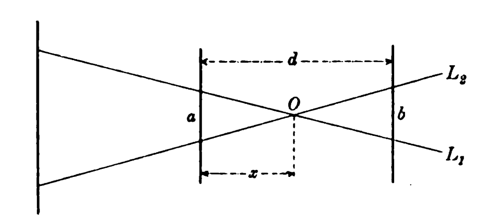
Eine horizontalliegende Scheibe wird durch ein rotierendes Magnetfeld in Umdrehungen versetzt. Ihr gegenüber ist, ebenfalls horizontal, eine zweite Scheibe aufgehängt, die bei Drehung der unteren mitgenommen und bei konstanter Winkelgeschwindigkeit der unteren um einen bestimmten Winkel gedreht wird. Diese Drehung wird mit Spiegel und Skale gemessen

und bildet ein Maß für den Druck des die Scheiben umgebenden Gases. Unterhalb 0,01 *mm* Quecksilber ist die Ablenkung der oberen Scheibe dem Druck des Gases und der Geschwindigkeit der unteren rotierenden Scheibe proportional, aber praktisch unabhängig von der gegenseitigen Entfernung beider Scheiben. Für verschiedene Gase ist die Ablenkung der Quadratwurzel aus dem Molekulargewicht proportional. Die Vorrichtung erlaubt noch Druckänderungen von weniger als 10^{-7} *mm* wahrzunehmen. *Schl.*

Vorläufige Prüfung des Spiegels am großen Teleskop der Pariser Sternwarte.

Von Jules Baillaud. *Rapp. ann. sur l'état de l'observ. de Paris pour l'an. 1912. S. 55. 1913.*

Es dürfte hier zum erstenmal die Hartmannsche Methode zur Prüfung von Spiegelteleskopen angewandt sein. Die Versuchsordnung ist ganz analog derjenigen bei Refraktoren. Unmittelbar vor den Spiegel wird eine Lochblende gesetzt, deren Löcher in der üblichen Weise angeordnet sind. In einem passend ausgewählten Abstand wird zuerst vor, dann hinter dem Brennpunkt eine photographische Platte aufgestellt. Die extrafokalen Bilder entsprechen vollkommen denen, die man bei Objektiven erhält. Sind *a* und *b* die Abstände zweier zugeordneter Punkte (s. Fig.) auf der intra- und extrafokalen Seite und *d* der Abstand der Ebenen, in denen die photographischen Platten aufgestellt waren, so ist der Abstand des Vereinigungspunktes von der intrafokalen Ebene $x = d \frac{a}{a+b}$.



Da die Messungen ausdrücklich als vorläufige bezeichnet werden, soll auf die Resultate der Messungen hier nicht eingegangen werden. *Faßbender.*

Über eine neue Methode der Konstruktion von Quecksilberdampf-Quarzlampen.

Von A. Tiem. *Compt. rend.* **156.** *S. 1063. 1913.*

D. Berthelot hat vor kurzem entdeckt, daß in bezug auf die Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf das Wasser ein Gegensatz besteht zwischen den Eigenschaften der Strahlungen von sehr kleiner Wellenlänge ($\lambda < 1900$ Å.-E.) und den ultravioletten Strahlen größerer Wellenlänge, sowie daß die letzteren häufig die Wirkungen der ersteren zerstören.

Wo es also wesentlich auf die Wirkung der Strahlen von sehr kleiner Wellenlänge ankommt, wie bei der Ozonisierung der Luft, der Wassersterilisation usw., ist es wünschenswert, die Energie der ultravioletten Strahlen von längerer Wellenlänge gegenüber derjenigen kürzeren Wellenlänge nicht zu groß sein zu lassen. Das ist möglich, da nach den Untersuchungen von Kuch und Retschinsky (*Ann. d. Phys.* **20.** *S. 563. 1906*) sowie von Fabry und Buisson (*Compt. rend.* **153.** *S. 93. 1911*) die Gesamtstrahlung an ultravioletten Strahlen sehr stark mit der angewandten Spannung wächst, während die Energie der am meisten brechbaren Strahlen verhältnismäßig viel schwächer zunimmt.

Man muß demgemäß mit möglichst geringer Spannung arbeiten, kann aber, da bei dieser die Quarzhülle sich nur wenig erwärmt, die Entfernung der Lampe sehr verringern und die Lampe sogar in das Gas oder die Flüssigkeit eintauchen, wenn sie eine dazu passende Form hat.

Der Verf. hat solche Lampen aus einem Reagenzglas aus Quarz hergestellt. Eine geringe Menge Quecksilber am Boden desselben dient als Kathode, welcher der Strom durch einen Eisendraht zugeführt wird, der durch ein in der Achse des Glases befindliches Quarzrohr hindurchgeht; als Anode dient ein kleiner Eisenzylinder. Soll die Lampe durch Wechselstrom gespeist werden, so benutzt man zwei Eisenplättchen, die durch ein Glimmerplättchen voneinander isoliert sind.

Ref. macht bei dieser Gelegenheit aufmerksam auf eine Mitteilung von Arno Müller (*Gesundhts.-Ing. 1903. S. 213*), nach welcher bei Versuchen der Wassersterilisation mit Cooper-

Hewitt-Lampen sich verschiedene Lampen desselben Typus verschieden wirksam zeigten, da nach seiner Meinung die Menge der gebildeten ultravioletten Strahlen eine verschiedene ist. Es drängt sich die Vermutung auf, daß nicht sowohl die Verschiedenheit in der Gesamtmenge der ultravioletten Strahlen die Ursache der verschieden starken Wirkungen ist, sondern vielleicht mehr die Verschiedenheit in der Verteilung der Strahlung auf Strahlen kleinster Wellenlänge und ultraviolette Strahlen von größerer Wellenlänge. *Krüss.*

Drehspul-Galvanometer mit vergrößerter Empfindlichkeit.

Von H. Rohmann. *Physikal. Zeitschr.* ***14.*** *S. 203. 1913.*

Die Steigerung der Empfindlichkeit von Drehspul-Galvanometern durch Vergrößerung der Windungsfläche oder des Magnetfeldes oder Verkleinerung der Richtkraft scheitert praktisch daran, daß die Dämpfung mit dem Quadrate der Empfindlichkeit wächst, und der aperiodische Grenzzustand überschritten wird. Um die Nachteile der Dämpfung bei Steigerung der Empfindlichkeit durch Anwendung hoher Feldstärken zu vermeiden, verwendet der Verf. die folgenden beiden Methoden:

1. Im Magnetfelde H_0 fließe durch die Spule ein konstanter Strom, so daß sie einen konstanten Ausschlag erhält. Das Magnetfeld wachse nun langsam von H_0 auf H; dadurch werden in der durch einen kleinen Widerstand geschlossenen Drehspule (am besten einer zweiten Wicklung) Ströme induziert, die groß sind gegen den konstanten Strom und unter der Voraussetzung, daß $\frac{w\,m}{f^2}\frac{3}{4}\alpha\frac{1}{H}$ gegen H_0 zu vernachlässigen ist, den Ausschlag im Verhältnis H/H_0 verkleinern (dabei ist w der Widerstand der Spule, m ihr Trägheitsmoment, f ihre Windungsfläche und α die durch $H = H_0 + (1 - e^{-\alpha \cdot t})\,H'$ bestimmte reziproke Zeitkonstante). Kurz darauf wird das Feld wieder auf seinen ursprünglichen Wert H_0 gebracht. Unter Vernachlässigung einer auf die Spule wirkenden mechanischen Richtkraft wird der letzte (ballistische) Ausschlag dadurch im Verhältnis $\frac{1}{2}(H/H_0)^2$ vergrößert. Insgesamt wird der ursprüngliche Ausschlag durch das Anwachsen des Feldes auf H und das Wiederabnehmen auf H_0 im Verhältnis $\frac{1}{2}H/H_0$ vergrößert. Unter Berücksichtigung der mechanischen Richtkraft nimmt dieses Verhältnis den Wert $\frac{1}{e}\cdot H/H_0$ an (e die Basis der nat. Log.). Versuche ergaben Vergrößerungen, die zwischen diesen beiden Werten liegen. Die Änderung des Feldes erfolgte durch Parallelschalten (bzw. Öffnen) eines Schlüssels zu dem Widerstande, der im Stromkreise des Elektromagneten lag.

2. Zur Messung der Elektrizitätsmengen muß sich die Spule ursprünglich in einem starken Felde H in der Null-Lage befinden. Wenn sie sich durch den Durchgang der Elektrizitätsmenge um den entsprechenden Winkel bewegt hat, wird das Magnetfeld plötzlich auf H_0 verkleinert. Der so erhaltene ballistische Ausschlag ist $\frac{1}{2}H/H_0$ mal größer als derjenige, den man in dem Felde H_0 nach der gewöhnlichen ballistischen Methode erhalten hätte. Vorausgesetzt ist dabei, daß k/a gegen a/m zu vernachlässigen ist (k die Direktionskraft, $a = f^2 \cdot H^2/w$), daß die Zeit t so gewählt ist, daß $e^{-\frac{k}{a}\cdot t}$ gleich 1 gesetzt werden kann, und daß $\frac{a}{m}\cdot t$ eine große Zahl ist.

Bei beiden Methoden ist es nicht notwendig, von der Nullstellung der Spule (Windungsebene parallel zu den Kraftlinien) auszugehen. Praktisch wird man immer die Differenz der ballistischen Ausschläge bei stromloser und stromdurchflossener Drehspule beobachten müssen. *Berndt.*

Hochempfindliches Relais für drahtlose Telegraphie.

Von A. Turpain. *Compt. rend.* ***156.*** *S. 768. 1913.*

Da die mit Kristall-Detektoren bei großen Reichweiten erzielte Stromstärke nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ *Mikroampere* beträgt, muß ein mit jenen zu betätigendes Relais entsprechend empfindlich sein. Ein solches besteht aus einem D'Arsonval-Galvanometer mit sehr kräftigem Magnetfelde (20000 - 25000 *Gauß*); die Spule aus Kupferdraht von 0,03 *mm Dm.* ist bifilar an Kokonfäden von 7—12 *cm* Länge aufgehängt, die in halber Höhe durch zwei Kokonfäden regulier-

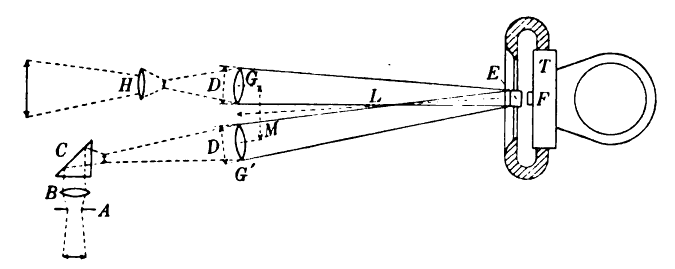
bar gespannt werden können. An einer Rahmenseite ist ein Kokonfaden befestigt, der bei der Bewegung der Spule auf einen feinen Aluminiumhebel von 10—15 *mm* Länge und 0,026 *g* Gewicht einwirkt. Dieser vergrößert den Ausschlag auf das Ein- bis Zehnfache. Eine Kontaktstelle wird durch einen am unteren Hebelende befindlichen ringförmigen Silberdraht von 0,05 *mm Dm.* gebildet; die andere Kontaktstelle ist auf dieselbe Weise konstruiert und durch eine Schraube einstellbar. Dieser Kontakt ist sehr sicher und läßt noch 10—20 *Mikroampere* passieren, welche genügen, um ein Siemens-Relais zu betätigen, das dann seinerseits erst den eigentlichen Arbeits-Stromkreis schließt.

Eine zweite Type besteht aus einem Saitengalvanometer mit einer 2 μ dicken Saite in einem Magnetfelde von 32000 *Gauß*, das noch auf $^1/_{1000}$ *Mikroampere* anspricht. In das Interferrikum, das 0,5 *mm* nicht überschreiten darf, ist eine aus zwei Silberdrähten von 0,1—0,2 *mm Dm.* bestehende kleine Pinzette eingeführt, deren Enden durch einen Faden von 2 μ Dicke überbrückt sind. Diese Pinzette wird durch eine Mikrometerschraube der Saite möglichst genähert, welche sich beim Ausschlag gegen die Überbrückung anlegt und so den Kontakt schließt. Dieser Kontakt ist aber sehr unsicher; er wirkt gut bei 5 μ bis 10 μ dicken Saiten und läßt dann wieder Ströme von 10 bis 20 *Mikroampere* passieren. Allerdings braucht man zur Bewegung dieser Saiten Stromstärken von 10 bis 1 *Mikroampere*. *Berndt.*

Ein Interferenz-Oszillograph.

Von A. Guyau. *Compt. rend.* ***156.*** *S. 777. 1913.*

Um kleine Amplituden von einigen hundertstel Mikron, z. B. einer Telephonmembran, zu registrieren, wird auf diese ein auf der Rückseite versilberter Spiegel *F* (s. Figur) gesetzt; dieser bildet mit dem festen, halbdurchlässig versilberten Spiegel *E* eine dünne Luftplatte. Auf diese wird mit Hilfe des optischen Systems *B*, *C*, *D* das Bild einer Quarz-Quecksilberlampe (4 Amp., 80 Volt) entworfen. Das Bild der vertikalen Interferenzfransen wird durch die Linsen *G* und *H* auf einen horizontalen, 1 *mm* weiten Spalt projiziert, hinter welchem sich der Registrierzylinder mit Schraubenlinienbewegung befindet. Das punktförmige Bild der Fransen zeichnet dann die Kurve ihrer orthogonalen Verschiebungen als Funktion der Zeit, während der Abstand zweier aufeinanderfolgenden Fransen den Maßstab angibt. Da bei der kurzen Belichtungszeit von $2 \cdot 10^{-4}$ sec (auf Lumière-Σ-Platten), die sich



durch Ersatz der sphärischen Linsen durch Zylinderlinsen noch herabdrücken ließ, die gelben und grünen Linien nicht mehr auf die Platte wirken, die ultraviolette Linie durch das Glas und 404 $\mu\mu$ durch einen Äsculinschirm absorbiert werden, arbeitet man in monochromatischem Licht (436 $\mu\mu$). Die Schärfe der Fransen wird dadurch etwas herabgesetzt, daß man nicht mit parallelem Lichte arbeitet; ein theoreticher Aussdruck hierfür wird angegeben.

Der Apparat erlaubt z B. Teile von Gesprächen aufzunehmen, die Eigenschwingung der Membran und ihre Dämpfung zu bestimmen usw. *Berndt.*

Bücherbesprechungen.

E. Deville, *The Copying Camera of the Surveyor General's Office.* gr. 8°. 40 S. Ottawa, Government Printing Office, 1912.

Der „*Surveyor General of Dominion Lands*“ in Canada, der u. a. die Phototopographie zu einem so wirksamen Instrument der canadischen Landesvermessung gemacht hat, beschreibt in dieser Broschüre die in seinem Amt in Gebrauch befindliche Einrichtung zum vergrößernden

oder reduzierenden Kopieren von Plänen und Karten. Sie wird auch außerhalb ihres Heimatlandes großes Interesse finden; denn die Kopierkamera ist heutzutage in jedem größeren Vermessungsamt zum unentbehrlichen Werkzeug geworden, nicht allein im Hinblick auf die verschiedenen Prozesse des Photostichs, der Photolithographie und Photozinkographie, sondern weil auch alle Reduktionen oder Vergrößerungen von Karten und Plänen, wie sie der Landmesser oder Topograph im Felde oder der Kartograph bei der Hausarbeit braucht, photographisch hergestellt werden. Der Verf. teilt alles irgendwie Wichtige über Aufstellung (oder vielmehr Aufhängung an Federn zur Elimination des Einflusses der Erschütterungen des Gebäudes usf.) seiner großen Kopierkamera mit, über ihre Einrichtungen und ihren Gebrauch, ihre Geometrie, Berichtigung (Fokusierung, Zentrierung usw.), über die Beleuchtung der Originale durch zwei und durch vier Lampen usw. Das größte Originalblatt, das der Rahmen aufnehmen kann, ist 48 × 64 Zoll engl. (= 1,22 × 1,62 *m*); es kann alle Reduktionen von der kleinsten bis zur Reduktion auf die Hälfte erfahren, indem die größte Platte, die in die Kamera einzulegen ist, 24 × 32 Zoll (= 61 × 81 *cm*) mißt. Für Reduktionen von der Originalgröße an bis zum 2,45. Teil der Längen des Originals dient ein Objektiv von 856 *mm* Brennweite; stärkere Verkleinerungen, auf den 2,45. bis 6,65. Teil der Längen des Originals, werden mit einer anderen Linse von 473 *mm* Brennweite ausgeführt.

Hammer.

P. Drude, Lehrbuch der Optik. 3. erweit. Aufl., hrsgeg. von E. Gehrcke. 8°. XVI, 548 S. m. 112 Abbild. Leipzig, S. Hirzel 1912. Geb. 13 M.

Während das Manuskript der 2. Auflage (besprochen in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 98. 1907*) noch von Drude selbst fertiggestellt war, ist die neue Auflage von Gehrcke besorgt worden unter pietätvoller Erhaltung des gesamten Aufbaues des Werkes. Auch bei der Auswahl aus dem umfangreichen neuen Material sind nach Möglichkeit die in den ersten Auflagen bewährten Gesichtspunkte innegehalten worden. Um trotz der Neuaufnahme wichtiger Kapitel — wie der Stokesschen Theorie der Aberration und den photochemischen Vorgängen in Gasen — den Umfang nicht zu sehr anschwellen zu lassen, sind Erscheinungen, welche ein vorwiegend experimentelles Interesse haben oder in das elektrisch-optische Grenzgebiet fallen, nicht behandelt. Sehr eingehend ist dagegen auf die neuere Literatur hingewiesen worden. Die Aufnahme der spekulativen Elemente, vor allem in der einseitigen Form der schroffen Ablehnung des Relativitätsprinzips, die der Herausgeber schon verschiedentlich zum Ausdruck gebracht hatte, dürfte vielfach Widerspruch herausfordern. Indes werden die aus den beiden ersten Auflagen bekannten großen Vorzüge der Drudeschen Optik, die auch die neue Auflage in vollem Maße aufweist, dadurch in keiner Weise berührt.

Berndt.

Neue Preisliste von Otto Fennel Söhne in Cassel.

Preisliste über geodätische Instrumente. Lex. 8°. 96 S. m. Fig. 1913.

Die Werkstätte für geodätische Instrumente Otto Fennel Söhne (Inhaber Adolf Fennel), Cassel, ist bekannt als eines unserer meistbeschäftigten und leistungsfähigsten Institute für den Bau von Instrumenten zu geodätischen Arbeiten der Feld- und der Grubenmessungen; hat sie doch am Ende des letzten Jahres die Nummer 10000 auf eines ihrer Instrumente schlagen können.

Der neue Katalog, wie stets bei Fennel mit ganz vorzüglichen Figuren ausgestattet, bietet, was besonders Nivellierinstrumente und Theodolite angeht, im wesentlichen eine Preisliste zu den drei Heften „Geodätische Instrumente“ von A. Fennel (Verlag K. Wittwer, Stuttgart), mit Beschränkung der Instrumentenabbildungen auf Gesamtansichten, während in jenen Heften besonders Schnitte vorgeführt sind. Dabei gibt aber die vorliegende Liste auch viel Neues. Gleich die Nivelliere, die alte Spezialität der Werkstätte, beginnen mit einem neuen kleinen, sehr hübschen Reise-Instrument, das im Transportkasten und mit dem Stativ zusammen wenig über 4,5 *kg* wiegt. An dem Nivellier mit festem zweiachsigem Fern-

rohr für Vor- und Rückblick, das Fennel in *dieser Zeitschr.* ***31.*** *S. 305. 1911* beschrieben hat, sind neuerdings noch mehrfach Verbesserungen und Vereinfachungen angebracht worden, so daß das Instrument, das eine einzige Richtschraube (Libelle) hat, in bisher nicht erreichter Weise Einfachheit des Baues und Bequemlichkeit der Prüfung und Berichtigung vereinigt. Die Theodolite und Universale gehen, von kleineren Nonien-Instrumenten mit 9 *cm*- und 7 *cm*-Kreisen (Ablesung 1'), Preis 350 M. bis zu großen Schraubenmikrometer-Instrumenten mit 25 *cm*-Kreisen (1''-Lesung), Preis 3400 M., durch alle Größen, Formen und Ausstattungen, die für Feldmessungs-, Grubenmessungs-, Landmessungs- oder Landesvermessungszwecke erwünscht sein können, mit Kreisablesung durch Nonien, Schätzmikroskope (wie Fennel zweckmäßig das sonst meist Strichmikroskop genannte Ablesemittel heißt), Skalenmikroskope und Schraubenmikroskope, endlich für eine bestimmte Nummer durch Nonien-Mikroskope (oder Mikroskop-Nonien, vgl. den Aufsatz des Ref. in *dieser Zeitschr.* ***32.*** *S. 148. 1912*). Die feinen und tiefschwarzen Striche des Nonius auf dem Mikroskopglasplättchen greifen dabei (was in den Fig. 1 und 2 *a. a. O. S. 150* nicht dargestellt ist) ein klein wenig über den Anfang der Limbusstriche herüber, womit eine sehr scharfe, bei guter Einstellung des Mikroskops vollständig parallaxenfreie Ablesung erreicht wird. Erwähnt sei bei den Theodoliten hier auch die Bimlersche Kombination des einfachen und des doppelten Vertikalfadens (je auf der Hälfte des Diaphragma-Glasplättchens). Daß die *Gruben*-Messungen sowohl für die Verwendung des Theodolits in der Grube (*S. 42—52*) als für die Verwendung des Kompasses (*S. 70—74*) besonders eingehend bedacht sind, versteht sich bei Fennel von selbst; in der zuerst genannten Richtung seien besonders die Aufsetz- und Orientierbussolen auf der Kippachse von Theodoliten hervorgehoben, sowie das bekannte und wichtige Fennelsche Orientierungs-Magnetometer mit fast aperiodischem Magnet, der an einem Quarzfaden von minimaler Torsionskraft hängt. Bei den verschiedenen Stahlmeßbändern zum Gebrauch über Tag und in der Grube (die sog. Gruben-Meß*kette* ist auch keine Kette, sondern ein Messingdrahtseil) sei erwähnt, daß jetzt für Schachtmessungen 12 *mm* breite Stahlbänder bis zu 800 *m* Länge in einem Stück zur Verfügung stehen; bei Drahtlotapparaten wird Phosphorbronzedraht, bis 400 *m* 0,6 *mm*, bis 800 *m* 1 *mm* stark, verwendet. *Kreis*-Tachymeterkonstruktionen hat Fennel neben seinen gewöhnlichen kleinen Universalinstrumenten nicht in besondern Modellen (z. B. mit der oft verlangten Stirnteilung für den Höhenkreis, Kreisablesung ohne Nonien usf.) ausgebildet; dafür sind zwei zu großer Verbreitung gekommene Spezial-Tachymeterkonstruktionen vorhanden, die je für die Theodolit- wie für die Meßtisch-Tachymetrie eingerichtet sind: Wagner-Fennels Schiebetachymeter und Tachygraphometer und das Hammer-Fennelsche Tachymeter und Topometer. Dieses zuletzt genannte (vom Ref. zuerst in *dieser Zeitschr.* ***29.*** *S. 129. 1909* beschrieben) erscheint hier zum erstenmal in Fennels Katalog; es hat noch nicht dieselbe Verbreitung wie die Theodolitform und wird auch noch einige Abänderungen erfahren. Auf Instrumente zur Kleinmessung (Meßlatten, denen Fennel neuerdings die genaue Länge zur Zeit der Ablieferung aufschreibt, nebst Normalmetern, Meßbänder, Winkelspiegel, Winkelprismen, Winkelköpfe, Auftrageinstrumente) ist hier nicht einzugehen; erwähnt seien etwa noch einige technische Instrumente: Fennels Gefällmesser für Neigungen zwischen + 40 und — 40 Proz., dann die Vorrichtung zur Messung der Durchbiegung von Talsperrenmauern durch den Stauwasserdruck, bestehend aus einem Nivellierinstrument mit weittragendem Fernrohr (Öffnung 41 *mm*, Brennweite 43 ½ *cm*, Vergrößerung 32), einem Signal mit fester und einem solchen mit verschiebbarer Zieltafel. Das Instrument und das Signal mit fester Zieltafel werden stets genau an denselben Stellen zweier Bronzeplatten auf festen Landpfeilern eingesetzt, das Signal mit verschiebbarer Zieltafel auf Bronzeplatten an verschiedenen Stellen der Mauerkrone; die Verschiebung der Zieltafel zum Einrücken in die Ziellinie wird an einer Millimeterteilung abgelesen. *Hammer.*

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. F. Göpel in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **November 1913.** Elftes Heft.

Silbervoltametrische Messungen.

(Nach gemeinsam mit R. Feustel[1]) angestellten Versuchen.)

Von

H. v. Steinwehr.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Im Jahre 1908 hatte die in London tagende internationale Konferenz über elektrische Einheiten für das als sekundäres Normal der E.M.K. gewählte Westonsche Normalelement mit gesättigter Lösung provisorisch den Wert 1,0184 angenommen[2]). Die Festsetzung dieser Zahl war nur eine vorläufige, da zu jener Zeit keine neueren Bestimmungen vorlagen, die eine endgültige Festlegung dieser Zahl ermöglicht hätten. Um zu einem endgültigen Wert zu gelangen, fand dann im Frühjahr des Jahres 1910 eine von den Staatsinstituten Deutschlands, Englands und Frankreichs beschickte Konferenz in Washington statt, zu welcher die Anregung und Einladung von seiten des *Bureau of Standards* (*BS*) ergangen war. Die Aufgabe dieser Konferenz bestand darin, durch gemeinsam angestellte Messungen den Wert der E.M.K. der nach den neueren Verfahren hergestellten Westonschen Normalelemente mit der größten erreichbaren Genauigkeit auf silbervoltametrischem Wege zu ermitteln. Als endgültiges Resultat dieser gemeinsamen Arbeit ergab sich neben einer vorzüglichen Übereinstimmung der Elemente des *BS*, des *National Physical Laboratory* (*NPL*) und der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt* (*PTR*) ein Wert von 1,0183 Volt für das Westonsche Normalelement mit gesättigter Lösung, der am 1. Jan. 1911 international angenommen wurde[3]). Bei der großen Wichtigkeit des Gegenstandes erschien es jedoch wünschenswert, durch eine gleichzeitig in der *PTR* ausgeführte Bestimmung den in Washington gewonnenen Wert einer Kontrolle zu unterwerfen. Das Ergebnis dieser Messungen, über das im folgenden berichtet werden soll, war eine vollkommene Bestätigung des bei der internationalen Konferenz gefundenen Resultats. Da infolge einer zwischen den Teilnehmern der Konferenz getroffenen Abmachung keine während oder nach der Konferenz gewonnenen Resultate betreffend den Wert des Weston-Elements veröffentlicht werden sollten, bevor der Bericht über diese Konferenz erschienen war, so mußte die Veröffentlichung der vorliegenden Arbeit bis zu diesem Zeitpunkte zurückgehalten werden.

---

[1]) Herr Dr. R. Feustel hat, da er inzwischen die Reichsanstalt verlassen hat, nur an den Messungen selbst, nicht aber an der weiteren Fertigstellung der Arbeit teilgenommen.

[2]) *International conference on electrical units and standards* (*Verbatim report*). *London 1909. S. 82.*

[3]) *Report to the international committee on electrical units and standards* usw. *Washington 1912;* vgl. auch *diese Zeitschr.* ***31.*** *S. 20. 1911.*

I. Besprechung der Fehlerquellen.

In der Untersuchung der Reichsanstalt vom Jahre 1908[1]) waren mehrere von anderen Forschern gefundene Fehlerquellen des Silber-Voltameters einer teils kritischen, teils experimentellen Prüfung unterzogen worden, wobei weder ein Einfluß des Sauerstoffs auf die Niederschlagsmenge noch ein Unterschied zwischen der Kohlrauschschen und der Richardsschen Form des Voltameters gefunden werden konnte.

Inzwischen sind noch eine Reihe weiterer Fragen in den Vordergrund des Interesses getreten, die zum Teil schon in früheren Arbeiten behandelt worden sind, und die deshalb im folgenden kurz besprochen werden sollen.

1. Einfluß reduzierender Substanzen im Elektrolyten auf das Gewicht des Silberniederschlages.

Es war bereits im Jahre 1902 von Mylius[2]) vor der Benutzung des Filtrierpapiers gewarnt worden, da die Lösungen dextrinartige Stoffe extrahieren, welche Silber reduzieren, wobei die Lösung gleichzeitig sauer wird. Auch Kohlrausch[3]) hielt die Benutzung von Filtrierpapier nicht für unbedenklich, weshalb er es bei seinem Voltameter ganz vermieden hat. Nicht in Übereinstimmung hiermit steht der Befund von Smith und Mather[4]), die Gewichtsunterschiede von Niederschlägen in Voltametern mit und ohne Filtrierpapier nicht gefunden haben. Das *BS* nahm im Jahre 1908 die Versuche über diese Frage wieder auf und kam dabei zu folgenden zahlenmäßigen Ergebnissen[5]):

a) 21 Niederschläge mit Rayleigh-Voltametern, großen Tiegeln und Anwendung von Filtrierpapier ergaben einen um ca. 4 Zehntausendstel im Mittel höheren Wert als die von den Verfassern als normal angesehenen Werte mit dem Richardsschen Tonzellen-Voltameter.

b) Eine weitere Reihe von 22 Niederschlägen[6]) wurde angestellt, um den Einfluß der benutzten Menge Filtrierpapiers zu ermitteln. Beim Mitteln der mit gleichen Mengen Filtrierpapier gemachten Versuche fand man für eine Lage einen um 3, bei zwei Lagen um 6 und bei drei Lagen um 8 Zehntausendstel zu großen Wert.

c) Daß es nicht notwendig ist, daß das Filtrierpapier während der Elektrolyse sich im Voltameter befindet, sondern daß es genügt, wenn die Lösung vorher eine Weile damit in Berührung war, zeigen 8 Niederschläge[7]), die einen um 5 Zehntausendstel zu hohen Wert ergaben.

Bis zu einem gewissen Grade werden diese Resultate bestätigt durch 10 Versuche, welche während der internationalen Zusammenarbeit in Washington im Jahre 1910 angestellt wurden[8]). Der Mittelwert dieser Versuche mit Filtrierpapier war um $1,5 \times 10^{-4}$ höher als der von dem internationalen Komitee angenommene Wert des Normalelements.

---

[1]) W. Jaeger und H. v. Steinwehr, *diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 366. 1908.*

[2]) Tätigkeitsbericht der *PTR. Diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 156. 1902.*

[3]) *Ann. d. Phys.* ***26.*** *S. 580. 1908.*

[4]) Smith und Mather, *NPL. Coll. res.* ***4.*** *S. 142. 1908.*

[5]) *Third report of the BS.* (*Supplement to the Report* usw. *Washington 1912*) *S. 15.*

[6]) l. c. Tab. 1.

[7]) l. c. Tab. 2.

[8]) l. c. *S. 171.* Tab. 52.

Das *Laboratoire Central d'Électricité* (*LCE*) in Paris[1]) hatte bei seinen Versuchen vom Jahre 1908 ausschließlich Filtrierpapier-Voltameter benutzt. Die erhaltenen Resultate sind nicht ohne weiteres mit anderen Zahlen vergleichbar, da unter Zugrundelegung eines willkürlichen Wertes des Normalelementes das Silberäquivalent bestimmt wurde. Nach Umrechnung auf den Wert 1,11800 für das letztere erhält man aus diesen Versuchen einen um ca. 6×10^{-4} zu hohen Wert für das Element. Es ist wahrscheinlich, daß diese Abweichung vom Filtrierpapier herrührt.

Neuere, im Frühjahr 1910 veröffentlichte Versuche[2]) des gleichen Instituts kommen jedoch zu dem Resultat, daß die im Jahre 1908 gefundenen Abweichungen von Gasen herrühren, welche in der Silbernitratlösung absorbiert waren. Außer der Vermeidung der Gasabsorption wird sorgfältige Reinigung des benutzten Silbernitrats durch Umkristallisieren als zur Erzielung richtiger Werte erforderlich gefunden. Unter Einhaltung der genannten Bedingungen ergibt sich dann ein Wert, der fast genau mit dem Wert des *NPL* vom Jahre 1908 übereinstimmt, jedoch um 1×10^{-4} größer als der der *PTR* ist. Ein Unterschied zwischen dem Filtrierpapier-Voltameter und dem Heber-Voltameter wurde nicht gefunden, woraus geschlossen wird, daß das Filtrierpapier nicht die Ursache der Abweichungen gewesen ist. Dieses Resultat muß jedoch durch einen bisher unaufgeklärten Fehler entstellt sein, da die oben erwähnten, bei dem internationalen Zusammenarbeiten in Washington z. T. von dem französischen Vertreter mit Filtrierpapier-Voltametern gemachten Versuche zu hohe Werte ergeben haben.

2. Anodenflüssigkeit.

Daß an der Anode im Silber-Voltameter keine Produkte entstehen können, welche einen Einfluß auf die Niederschlagsmenge ausüben, ist schon durch die Versuche der *PTR* vom Jahre 1908 erwiesen worden, bei denen mehrere relative Versuche mit Glasschälchen- und Tonzellen-Voltametern keinen meßbaren Unterschied zwischen diesen beiden Typen ergeben haben. Über die gleiche Frage liegen aus dem *BS* keine zahlenmäßigen Resultate vor, doch wird von dieser Seite behauptet[3]), daß in Tonzellen benutzte Anodenlösung als Kathodenlösung Niederschläge von normalem Gewicht ergeben habe.

Durch eine erhebliche Korrektion, die Richards[4]) an den Resultaten von F. und W. Kohlrausch[5]) für die angebliche Wirkung der Anodenflüssigkeit anzubringen für erforderlich hielt, wurde F. Kohlrausch[6]) im Jahre 1908 veranlaßt, seine älteren Versuche in bezug auf diesen Punkt einer Nachprüfung zu unterziehen. Er stellte zu diesem Zwecke eine Reihe von Versuchen in großen und kleinen Glasschälchen-Voltametern sowie zwei Versuche in einem Heber-Voltameter und einen Versuch in einem Becherglas-Voltameter an, da er erwartete, daß bei dem Vorhandensein eines Effekts derselbe sich bei den verschiedenen Anordnungen in verschiedenem Maße zeigen müßte. So müßte er größer bei kleinen Tiegeln als bei großen sein, beim Heber-Voltameter und beim Becherglas-Voltameter jedoch ganz in Fortfall kommen. Die von ihm erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle[7]) zusammengestellt:

---

[1]) Janet, Laporte et de la Gorce, *Trav. LCE.* **2.** *S. 288. 1912.*

[2]) Laporte et de la Gorce, *ib.* **2.** *S. 318. 1912; Bull. de la Soc. internat. des Électr. März 1910.*

[3]) *First report of the BS. (Supplement to the Report* usw. *Wahsington 1912.) S. 52.*

[4]) Richards und Heimrod, *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **41.** *S. 328. 1902.*

[5]) F. und W. Kohlrausch, *Wied. Ann.* **27.** *S. 1. 1886.*

[6]) F. Kohlrausch, *Ann. d. Phys.* **26.** *S. 580. 1908.*

[7]) F. Kohlrausch, l. c. *S. 594.*

Große Tiegel	9 Versuche	. . . .	-2×10^{-5}
kleine Tiegel	7 „	. . . . .	$+2$ „
Heber-Voltameter	2 „	. . . . .	$+8$ „
Becherglas-Voltameter	1 „	. . . . .	-3 „

Die großen und die kleinen Tiegel zeigen im Mittel einen Unterschied von 4×10^{-5}; die Abweichung der beiden Heber-Voltameterversuche ist von unerklärlicher Größe und liegt sogar im umgekehrten Sinne, weshalb noch der letzte Versuch gemacht wurde, bei dem die Kathode aus einem Platinzylinder bestand, der sich so hoch über dem Boden des Becherglases befand, daß die herabsinkende Anodenflüssigkeit ihn überhaupt nicht erreichen konnte. Dieser letztere Versuch stimmt mit dem Resultate der großen Tiegel vollkommen überein. Kohlrausch[1]) zog aus diesen Versuchen den Schluß, daß seine früheren, mit kleinen Tiegeln erhaltenen Werte höchstens um 2×10^{-5} zu korrigieren sind.

Neuerdings hat A. Boltzmann[2]) eine Studie über das Silber-Voltameter veröffentlicht, in der er auch Versuche über die sog. Anodenflüssigkeit gemacht hat. Er verglich die Niederschläge in Kohlrauschschen Voltametern mit großen (6 *ccm* Inhalt) und kleinen (1,5 *ccm* Inhalt) Glasschälchen in mehreren relativen Versuchen und fand keinen Unterschied zwischen beiden.

Würde bei Auflösung des Silbers an der Anode ein Produkt entstehen, das an der Kathode reduzierend wirkt, so müßte dasselbe bei Voltametern mit großen Glasschälchen weniger zur Geltung kommen als bei denen mit kleinen Schälchen, da bei letzteren die von der Anode herabfließende schwere Anodenflüssigkeit sehr bald über den Rand des Schälchens hinausfließen muß und daher in den Kathodenraum gelangt, während die ersteren sehr viel größeren Schälchen diese Flüssigkeit vollständig aufnehmen können. Auch Mylius[3]) hat bei seinen Versuchen über das Silber-Voltameter keine Veränderung der Silbernitratlösung infolge der Elektrolyse finden können. Durch alle diese Versuche ist es sehr wahrscheinlich gemacht, daß, unter normalen Verhältnissen wenigstens, tatsächlich an der Anode keine reduzierenden Substanzen gebildet werden.

3. Der Volumeffekt.

Eine andere Erscheinung ist die, daß beim Tonzellen-Voltameter die Niederschläge in großen Tiegeln etwas schwerer ausfallen sollen als in kleinen Tiegeln. Nach Ansicht des *BS*[4]), das bei seinen Versuchen einen solchen Unterschied zwischen großen und kleinen Tonzellen-Voltametern gefunden hat, wird derselbe durch geringfügige reduzierende Verunreinigungen des Elektrolyten verursacht. Die Erscheinung selbst wird in den Veröffentlichungen des *BS* als sogenannter Volumeffekt[5]) bezeichnet. Nehmen wir zunächst an, der Volumeffekt bestünde tatsächlich, so bleibt es immerhin auffällig, daß derselbe nur bei Tonzellen-Voltametern beobachtet worden ist, bei anderen Typen also offenbar nicht auftritt. Es würde daraus zunächst folgen, daß nicht in der Lösung ursprünglich vorhandene Verunreinigungen, sondern die Tonzellen selbst diesen Effekt verursachen. Sieht man sich jedoch die Versuche,

---

[1]) ib. *S. 595.*

[2]) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **121.** *IIa. S. 1071. 1912.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 155. 1902.*

[4]) *Report* usw. *Washington 1912. Interpretation of the results by E. R. Rosa. S. 187.*

[5]) ib. *S. 187; Third report of the BS. S. 29.*

auf welche sich die Schlußfolgerungen des *BS*[1]) gründen, näher an, so bemerkt man, daß die Abweichungen der Niederschlagsgewichte bei Tiegeln gleicher Größe bereits so groß sind, daß die verhältnismäßig kleinen Abweichungen zwischen großen und kleinen Tiegeln hieraus nicht wohl mit Sicherheit abgeleitet werden können. Es sind sogar drei, wie es scheint, einwandfreie Versuche[2]) in dem Zahlenmaterial des *BS* vorhanden, bei denen die Abweichung im umgekehrten Sinne liegt. Eine Erklärung hierfür ist nicht gegeben worden, sondern man hat diese Abweichungen von der Theorie als *negativen* Volumeffekt[3]) bezeichnet. Das Material, worauf sich die Schlüsse des *BS* gründen, setzt sich aus Versuchen des *BS* allein aus den Jahren 1908 bis 1910, die im dritten Report des *BS* an das internationale Komitee niedergelegt sind, und aus Versuchen, die während des internationalen Zusammenarbeitens in Washington angestellt wurden, zusammen. Die erste Serie[4]) derartiger Versuche besteht aus 42 brauchbaren Niederschlägen in großen und kleinen Tiegeln, die den zweifellos innerhalb der Versuchsfehler liegenden Unterschied von $2{,}5 \times 10^{-5}$ ergeben. Es folgen eine Reihe weiterer Versuche[5]), die jedoch nicht relativ sind, d. h. die nur dadurch vergleichbar sind, daß für jeden Versuch die Absolutwerte berechnet wurden. Auch diese Versuche ergeben nur einen mittleren Unterschied von 5×10^{-5} und können bei der jeder Gruppe anhaftenden, nicht sehr großen inneren Übereinstimmung nicht als beweisend angesehen werden (Tab. 5, 6 und 8). Schließlich wurde noch eine Serie[6]) von Versuchen (Tab. 9) angestellt, bei denen eine direkte Vergleichung von großen und kleinen Tonzellen-Voltametern vorgenommen wurde, deren Unterschied im Mittel zu 7×10^{-5} gefunden wurde.

Diesen Unterschied könnte man vielleicht als reell ansehen, wenn die innere Übereinstimmung der Resultate jeder Tiegelgröße eine ausreichende wäre. Da jedoch der größte und der kleinste Wert jeder Serie bereits um etwa 2×10^{-4} voneinander abweichen, so können diese und die anderen bisher besprochenen Versuche nicht als ausreichend beweisend für den behaupteten Volumeffekt angesehen werden. Nicht anders steht es mit den Versuchen, die während der internationalen Zusammenarbeit in Washington zum Nachweis des Volumeffekts ausgeführt wurden. Bei diesen Versuchen[7]) übertreffen die Niederschlagsmengen in den großen Tiegeln die in den kleinen sogar um 1×10^{-4}; hier ist jedoch die innere Übereinstimmung besonders bei den großen Tiegeln eine noch schlechtere, da der größte und der kleinste Wert sich um 1,9 bzw. $5{,}5 \times 10^{-4}$ unterscheiden. Bei diesen Versuchen kommen auch die drei Niederschläge in großen Tiegeln vor, die einen kleineren Wert ergaben, als der Mittelwert der kleinen Tiegel ist, was, wie bereits erwähnt, als negativer Volumeffekt bezeichnet wurde.

4. Umhüllung der Anode mit Seide.

Die Versuche der *PTR* vom Jahre 1908 waren unter Benutzung einer Umhüllung von reiner, ausgewaschener roher Seide um die Anode als Schutz für die Kathode gegen losgelöste feste Anodenteilchen ausgeführt worden. Als nun im *BS*

---

[1]) *Third report of the BS. S. 30* u. *31; Report* usw. *Washington 1912* (*report of the subcommittee*) *S. 164 ff.*

[2]) l. c. Tab. 48. *S. 168.*

[3]) l. c. *S. 164.*

[4]) *Third report of the BS.* Tab. 2. *S. 17.*

[5]) l. c. *S. 25, 26* u. *30.*

[6]) l. c. *S. 31.*

[7]) *Report* usw. *Washington 1912* (*report of the subcommittee*). Tab. 48. *S. 168.*

der Einfluß der aus dem Filtrierpapier stammenden Verunreinigungen auf das Gewicht des Silberniederschlages gefunden war, regte sich der Verdacht, ob nicht auch die Seide zu ähnlichen Störungen Veranlassung geben könnte. Die Frage wurde zunächst in der Reichsanstalt durch eine Reihe von relativen Versuchen von Herrn Dr. Feustel geprüft, bei denen die Niederschlagsmengen in Kohlrauschschen Voltametern mit und ohne Seidenumhüllung der Anode verglichen wurden. Wie die in dem Report[1]) (1912) veröffentlichten Resultate zeigen, ließ sich ein Einfluß der Seide auf die Niederschlagsmenge nicht feststellen. Auch die in dieser Richtung vom *BS* angestellten Versuche zeigten eine vollkommene Übereinstimmung der Resultate der Versuche in Tonzellen-Voltametern mit den Versuchen in Kohlrauschschen Voltametern unter Benutzung von Seide als Anodenumhüllung[2]). Wir brauchen hier ferner nur die von der internationalen Kommission in Washington im Jahre 1910 angestellten Versuche heranzuziehen, um nachzuweisen, daß ein solcher Einfluß nicht vorhanden sein kann. Von diesen Versuchen ergiebt eine Serie von 22 Niederschlägen in Tonzellen-Voltametern[3]) den von Rosa (*BS*) als richtig angenommenen Wert von $1{,}01828_6$ Volt bei 20° für das Westonsche Normalelement, während 10 Niederschläge[4]), die von dem Vertreter der Reichsanstalt unter Verwendung der in derselben Anstalt im Jahre 1908 benutzten Seiden-Voltameter zur gleichen Zeit gewonnen wurden, einen im Mittel genau damit übereinstimmenden Wert lieferten. Trotzdem ist Herr Rosa der Ansicht, daß die Seide die gleichen Fehler wie das Filtrierpapier verursacht. Die gute Übereinstimmung zwischen den Seiden- und Tonzellen-Voltametern erklärt er damit, daß sich bei der Seide zwei Fehlerquellen[5]) gerade aufheben, von denen die eine durch reduzierende Verunreinigungen um ebensoviel auf den Niederschlag vergrößernd, wie die andere, nämlich die durch die Seide entwickelte Säure, verkleinernd wirke. Wäre es schon an sich ein merkwürdiges Zusammentreffen, wenn sich hier gerade zwei Fehlerquellen aufheben sollten, so erscheint diese Ansicht noch weniger berechtigt, wenn man die Versuche des *BS*, auf die sich diese Angaben stützen, näher betrachtet. Zunächst ist eine durch die Seide bewirkte Verunreinigung des Elektrolyten mit reduzierenden Substanzen überhaupt nicht nachgewiesen worden, was bei der empfindlichen Prüfungsmethode, die dem *BS* zum Nachweis selbst minimaler Mengen reduzierender Stoffe zur Verfügung stand, keine Schwierigkeiten hätte bereiten können. Aber auch der Nachweis einer Säureentwicklung aus der Seide ist nicht als gelungen anzusehen, da die wenigen Millionstel freier Säure, die Herr Mc. Daniell[6]) vom *BS* in einer mit Seide geschüttelten Lösung von Silbernitrat gefunden hat, nicht als ausreichend anzusehen sind, um den gegen die Benutzung der Seide geltend gemachten Einwand genügend zu begründen. Daß aber selbst der künstliche Zusatz viel beträchtlicherer Säuremengen keinen erheblichen Einfluß auf die Niederschlagsmenge ausübt, daß sich vor allem nicht der geringste Zusammenhang zwischen der zugesetzten Säuremenge und der Größe des Silberniederschlages ergibt, zeigen die folgenden Resultate, die bei der internationalen Zusammenarbeit in Washington gewonnen wurden[7]):

---

[1]) *Report* usw. *Washington 1912. S. 63—65.*

[2]) *Third report of the BS.* Tab. 11. *S. 32.*

[3]) *Report* usw. *Washington 1912. Interpretation of the results by E. R. Rosa.* Tab. 59_1. *S. 191.*

[4]) l. c. Tab. 59_3. *S. 192.*

[5]) l. c. *S. 188.*

[6]) *Report* usw. *Washington 1912. S. 175—176.*

[7]) *Report* usw. *Washington 1912 (report of the subcommittee).* Tab. 51. *S. 170.*

zugesetzte Säuremenge	Abweichung vom Normalwert
5×10^{-6}	-5×10^{-5}
10 „	— 8 „
100 „	— 12,5 „
100 „	— 6,1 „

Wenn nun auch ein schädlicher Einfluß der Seide durchaus nicht nachgewiesen worden ist, so sind trotzdem die Versuche der Reichsanstalt vom Jahre 1910, über die des weiteren berichtet wird, unter Fortlassung der Seidenumhüllung, die ja nur den bereits erwähnten Zweck eines mechanischen Schutzes der Kathode hatte, ausgeführt worden.

5. Temperatur-Koeffizient des elektrochemischen Äquivalents des Silbers.

Smith und Mather haben in ihrer Untersuchung über das Silber-Voltameter vom Jahre 1908 folgende Zusammenstellung[1]) der Untersuchungen gegeben, die sich mit der Frage befassen, ob und in welcher Weise das Silberäquivalent von der Temperatur abhängig ist. „Lord Rayleigh und Mrs. Sidgwick[2]) beobachteten eine Zunahme der Niederschlagsmenge mit zunehmender Temperatur; Richards, Collins und Heimrod[3]) erhielten größere Niederschläge bei 60° und bei 0° als bei 20° C. Leduc[4]) fand eine Abnahme mit steigender Temperatur, und Merril[5]) behauptet, daß die Masse unabhängig von der Temperatur ist." Das gleiche Verfahren wie Merril wurde später von Richards und Stull[6]) benutzt, indem sie wie jener, um ein möglichst großes Temperaturgebiet für die Untersuchung zur Verfügung zu haben, bei Zimmertemperatur eine wäßrige Silbernitratlösung und bei 250° eine Silbernitrat enthaltende Schmelze der Elektrolyse unterwarfen. Sie fanden im Widerspruch mit ihren früheren Resultaten, aber in Übereinstimmung mit Merril nicht die Spur eines Temperaturkoeffizienten. Die Versuche von Smith und Mather[7]), bei denen ausschließlich wäßrige Lösungen benutzt wurden, erstrecken sich über ein Gebiet von 70 bis 80°, aber auch sie konnten keine Abhängigkeit des Äquivalents von der Temperatur konstatieren. Einen ganz anderen Weg, der eine viel schärfere Prüfung der Frage ermöglichte, da er direkt eine Änderung des chemischen Äquivalents nachzuweisen erlaubt hätte, schlugen F. Kohlrausch und R. H. Weber[8]) ein, indem sie einen Strom durch zwei gleiche, aber verschieden temperierte Lösungen, welche in Berührung standen, hindurchschickten. Ein Freiwerden entladener Atome an der Grenzfläche, das auf einen Temperaturkoeffizienten hätte schließen lassen, haben sie auch mit den empfindlichsten Indikatoren nicht nachweisen können. Da auch neuere Versuche des *BS*[9]) ein negatives Resultat ergeben haben, so ist die Frage wohl als dahin

[1]) l. c. *S. 126.*

[2]) *Phil. Trans.* **175.** *S. 411. 1884.*

[3]) *Proc. Amer. Acad. of Arts and Sciences* **35.** *S. 123. 1899.*

[4]) *Journ. de Phys.* **1.** *S. 561. 1902.*

[5]) *Phys. Rev.* **10.** *S. 167. 1900.*

[6]) *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **42.** *S. 621. 1903.*

[7]) *Proc. Roy. Soc. London* **80.** *S. 78. 1907; Phil. Trans. Roy. Soc. London* **207.** *S. 569. 1908; NPL. Coll. rec.* **4.** *S. 147.*

[8]) *Ann. d. Phys.* **26.** *S. 409. 1908.*

[9]) *Third report of the BS (Supplement to the Report* usw. *Washington 1912).* Tab. 6. *S. 26.*

entschieden anzusehen, daß jedenfalls für die beim Silber-Voltameter in Frage kommende Genauigkeit von einigen Hunderttausendsteln ein etwaiger Temperaturkoeffizient des Silberäquivalents außer Betracht bleiben kann.

6. Einfluß des Sauerstoffs auf die niedergeschlagene Silbermenge.

Diese Frage ist sowohl durch die Arbeiten der *PTR*[1]) und des *NPL*[2]) aus dem Jahre 1908 als auch durch die in der Abhandlung der *PTR* erfolgte kritische Besprechung[3]) der in Betracht kommenden Veröffentlichungen als dahin entschieden anzusehen, daß von einem Einfluß des Sauerstoffs auf das Silbergewicht nicht die Rede sein kann. Da aber die Ansicht immer noch in der Literatur vertreten wird, daß diese Fehlerquelle vorhanden ist (vgl. F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, 11. Aufl. *1910. S. 431*), so sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß der angebliche Einfluß des Sauerstoffs auf die Niederschlagsmenge des Silbers nach den erwähnten Untersuchungen tatsächlich nicht vorhanden ist[4]).

7. Einfluß des Materials und der Oberflächenbeschaffenheit der Kathode auf die Menge des Silberniederschlags.

Zwischen Niederschlägen auf Platin und auf Gold[5]) ist bisher eine Gewichtsdifferenz noch nicht beobachtet worden. Anders liegen die Verhältnisse, wenn Silber selbst als Kathodenmaterial benutzt wird.

Hier liegen verschiedene Beobachtungen vor, die zum Teil nicht unerhebliche Gewichtsunterschiede zwischen Niederschlägen auf Platin und auf Silber ergeben. Es liegt in der Natur der Sache, daß, wenn ein solcher Unterschied wirklich vorhanden sein sollte, er nicht von der Menge abgeschiedenen Silbers abhängen kann, da man, sobald der erste Niederschlag von Silber erfolgt ist, es bereits mit einer Silberkathode zu tun hat und daher die weitere Ausscheidung von Silber auf einer Silberkathode stattfindet. Man hat es also in der Hand, den fraglichen Fehler durch Vergrößerung der Niederschlagsmenge so klein zu machen, als man will. Eine Abweichung Silber—Platin im Betrage von 0,1 bis 0,3 *mg*, die jedoch von Autoren selbst nicht immer als reell angesehen wird, haben gefunden: Gore[6]) (1883), Kahle[7]) (1898), Jaeger und Dießelhorst[8]) (1899), Richards und Heimrod[9]) (1902), Guthe[10]) (1904) und schließlich neuerdings noch Boltzmann[11]) (1912). Dagegen ließ sich in den Untersuchungen von Patterson und Guthe[12]) (1898), van Dijk[13]) (1906) sowie Smith und

---

[1]) W. Jaeger und H. v. Steinwehr, *diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 365.* Tab. 7. *1908.*

[2]) *NPL. Coll. res.* ***4.*** *S. 146.*

[3]) *Diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 328. 1908.*

[4]) In einer neueren Arbeit von Duschak und Hulett, *Trans. Amer. Electrochem. Soc.* ***12.*** *S. 257. 1907* wird sogar behauptet, daß der Sauerstoff im umgekehrten Sinne, wie früher gefunden wurde, auf die Niederschlagsmenge einwirken solle.

[5]) Vgl. die Versuche des *BS. Third report of the BS.* (*Supplement to the Report* usw. *Washington 1912.*) Tab. 5. *S. 25.*

[6]) *Nature* ***27.*** *S. 325. 1883.*

[7]) *Diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 268. 1898.*

[8]) *Ann. d. Phys.* ***67.*** *S. 35. 1899.*

[9]) *Zeitschr. f. physikal. Chem.* ***41.*** *S. 315. 1902.*

[10]) *Bulletin of the BS.* ***1.*** *S. 34. 1904.*

[11]) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* ***121.*** *IIa. S. 1060. 1912.*

[12]) *Phys. Rev.* ***7.*** *S. 257. 1898.*

[13]) *Ann. d. Phys.* ***19.*** *S. 267. 1906.*

Mather[1]) (1908) kein Unterschied zwischen Niederschlägen auf Silber und Platin nachweisen. Auch Richards und Heimrod[2]) sowie Guthe[3]) hatten die fragliche Differenz nur im Filtrierpapier-Voltameter, nicht aber im Richardsschen Tonzellen-Voltameter auffinden können. Die Befunde widersprechen sich also, wie man sieht, und der Fehler kann, wenn er wirklich existiert, was aber erst noch einwandfrei nachzuweisen ist, vorläufig nur dadurch unschädlich gemacht werden, daß man möglichst große Silbermengen niederschlägt, was bei den neusten Untersuchungen auch stets geschehen ist.

Der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit ist in der vorliegenden Arbeit untersucht worden, indem bei jedem Versuche zwei blanke und zwei matte Platintiegel als Kathode dienten. Es konnte jedoch nicht der geringste systematische Gewichtsunterschied gefunden werden, wie aus der Haupttabelle am Schlusse der Abhandlung zu ersehen ist. Dies Resultat wurde neuerdings durch eine Untersuchung von Boltzmann[4]) bestätigt, der gleichfalls bei seinen relativen Versuchen keinen Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit des Kathodenmaterials entdecken konnte.

8. Einschlüsse von Lösung im Silberniederschlage.

Durch die Untersuchungen von van Dijk[5]) sowie diejenigen des *NPL*[6]) und ganz besonders der *PTR*[7]) aus dem Jahre 1908 schien die Behauptung von Richards[8]), daß die galvanischen Silberniederschläge stets Einschlüsse von Lösung enthalten, welche, wenn sie nicht berücksichtigt werden, das Ergebnis fälschen müssen, vollständig widerlegt zu sein. Bei allen diesen eben genannten Untersuchungen waren die Niederschläge zunächst bei 150° bis 160° getrocknet und gewogen worden, bevor die weitere Untersuchung auf Einschlüsse stattfand. van Dijk erhitzte die Niederschläge mehrfach auf 500° bis 600°, ohne einen Gewichtsverlust finden zu können. Smith und Mather[9]) machten die gleiche Erfahrung, indem sie die Erwärmung jedoch nur auf 240° bis 400° trieben. Bei den Versuchen der Reichsanstalt wurde die wiederholte Erwärmung nur bis zur beginnenden Rotglut getrieben, da eine stärkere Erhitzung[10]) der Tiegel ohne Niederschlag bereits häufig einen merklichen Gewichtsverlust ergab. Bei 18 Niederschlägen wurde im Mittel eine Abnahme von $1{,}6 \times 10^{-5}$ gefunden. Dieser Betrag ist so geringfügig, daß hieraus nicht auf einen Einschluß von Lösung geschlossen werden konnte. Auch die neuerdings von Boltzmann[11]) gefundene Abnahme der Niederschlagsmenge beim Glühen ist wenigstens bei Niederschlägen auf Platin so gering, daß sie als innerhalb der Fehlergrenze liegend anzusehen ist.

Diesen Befunden stehen die Behauptungen von Duschak und Hulett[12]), die außer der Lösung noch andere Verunreinigungen im Silberniederschlag gefunden

[1]) *NPL. Coll. res.* **4.** *S. 145. 1908; Phil. Trans. Roy. Soc. London* **207.** *S. 567. 1908.*
[2]) *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **41.** *S. 315. 1902.*
[3]) *Bulletin of the BS.* **1.** *S. 34. 1904.*
[4]) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **121.** *IIa. S. 1057. 1912.*
[5]) *Ann. d. Phys.* **19.** *S. 266. 1906.*
[6]) *NPL. Coll. res.* **4.** *S. 148. 1908.*
[7]) *Diese Zeitschr.* **28.** *S. 355. 1908.*
[8]) *Proc. Amer. Acad. of Arts and Sciences* **35.** *S. 145. 1899.*
[9]) *NPL. Coll. res.* **4.** *S. 148. 1908.*
[10]) *Diese Zeitschr.* **28.** *S. 354. 1908.*
[11]) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **121.** *IIa. S. 1060. 1912.*
[12]) *Trans. Amer. Electrochem. Soc.* **12.** *S. 257. 1907.*

haben wollen, sowie eine Notiz von Richards[1]) entgegen, der behauptet, daß Silberniederschläge stets Lösung eingeschlossen enthalten, daß man aber über 600° erhitzen müsse, um solche Einschlüsse nachweisen zu können. Sollten die von ihm und seinen Mitarbeitern beobachteten Gewichtsverluste nun nicht ebenso wie bei den Versuchen der *Reichsanstalt* von einer Abnahme der Tiegelgewichte herrühren, so bliebe die Möglichkeit von Einschlüssen allerdings noch nicht ganz ausgeschlossen, da bei allen oben erwähnten Versuchen mit negativem Resultat die Erhitzung nicht über 600° getrieben worden ist. Andererseits ist es sehr verwunderlich, daß Messungen, die mit solchen keineswegs zu vernachlässigenden Fehlern behaftet sein sollen, unter sich und mit anderen eine so gute Übereinstimmung zeigen, wie es bei den Messungen des *NPL* und *PTR* z. B. der Fall ist. Die Erklärung von Richards, daß die eingeschlossene Flüssigkeitsmenge bei den Smithschen Versuchen stets die gleiche gewesen sei, hat jedoch sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich.

9. Zuverlässigste Form des Silber-Voltameters.

Die Voltametertypen, welche in den letzten Jahren am eingehendsten untersucht sind, sind das Richardssche Tonzellen-Voltameter, das Kohlrauschsche Voltameter und das von Smith[2]) unter der Bezeichnung „*new form*" beschriebene Voltameter.

Betrachten wir zunächst das Tonzellen-Voltameter. Der wesentliche Punkt, in dem sich dieses Voltameter von den beiden anderen unterscheidet, besteht bekanntlich darin, daß die Anode von einer Tonzelle umgeben ist. Diese Modifikation wurde von Richards angegeben, um die Kathode gegen die von ihm und anderen vermuteten Anodenprodukte, welche erhöhend auf den Silberniederschlag wirken sollten, zu schützen. Nachdem nun aber sehr wahrscheinlich gemacht ist, daß derartige Produkte nicht entstehen, oder aber, wenn sie wirklich entstehen sollten, sicher keine fälschende Wirkung auf das Gewicht des Niederschlages ausüben, ist der eigentliche Grund zur Verwendung der Tonzelle hinfällig geworden. Da ferner der sogenannte Volumeffekt, sofern er tatsächlich existieren sollte, bisher nur bei Voltametern mit Tonzellen beobachtet worden ist, und da es nach den trüben Erfahrungen, die man mit dem Filtrierpapier gemacht hat, zweifellos besser ist, alle Fremdkörper, soweit sie nicht unumgänglich notwendig sind, aus dem Silber-Voltameter fernzuhalten, so dürfte es ratsam sein, die Tonzelle in Zukunft von der Benutzung im Silber-Voltameter auszuschließen. Es bleiben also als bewährte Voltameterformen, wenn man von dem umständlichen Heber-Voltameter und denjenigen Formen absieht, welche Filtrierpapierhüllen für die Anode benutzen, nur noch das Kohlrauschsche und das Smithsche übrig. Das letztere unterscheidet sich von der Kohlrauschschen Form nur durch einen Glaszylinder, der erst nach dem Versuche auf das unter der Anode befindliche Glasschälchen herabgesenkt wird, um zu verhüten, daß beim Herausnehmen der Anode von derselben losgelöste feste Teilchen zum Silberniederschlage gelangen und auf diese Weise das Resultat beeinträchtigen. Die Smithsche Form ist daher als eine modifizierte Kohlrauschsche Form anzusehen, welch letztere sich in so vielen Fällen als ein von allen Störungen freies und den höchsten Anforderungen genügendes Instrument bewährt hat. Man darf also wohl mit Recht erwarten, daß bei einer internationalen Festsetzung über die endgültig einzuführende Voltameterform ein im wesentlichen der Kohlrauschschen Form entsprechender Typ angenommen werden wird.

(Schluß folgt.)

[1]) *Proc. Amer. Acad. of Arts and Sciences* **44**. *S. 88. 1908.*

[2]) *Report* usw. *Washington 1912. Fig. 10. S. 134.*

Spiegelteleskope für Sonnenphotographie.

Von

Dr. Seegert in Charlottenburg.

(Mitteilung aus dem Photochemischen Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Berlin.)

Die Spiegelteleskope Cassegrainscher Konstruktion, welche jetzt in sehr guter Qualität hergestellt werden, haben den Nachteil, daß sie zur Anstellung von Sonnenbeobachtungen und zur Herstellung von Sonnenaufnahmen ohne weiteres nicht verwendbar sind, weil der sehr nahe am Brennpunkt des Hauptspiegels befindliche Hilfsspiegel einer starken Erwärmung und infolgedessen Deformation ausgesetzt ist. Bei Einstellung eines solchen Teleskops auf die Sonne zeigt sich denn auch ein stetiges Wandern der Brennebene in dem Sinne, daß die Aquivalent-Brennweite der Konstruktion ständig zunimmt. Nun könnte man ja vor dem Hilfsspiegel *H* (s. Fig. 1) ein Filter *Cü* anbringen, welches den größten Teil der auf ihn fallenden Licht- und Wärmestrahlen absorbiert. Doch wäre eine Photographie der Sonne in dieser Weise immer noch nicht möglich, da das von allen Seiten um den Hilfsspiegel herum eindringende Nebenlicht bei der Exposition die Platte stark verschleiern würde, wie ein Versuch an dem Goerz-Schmidtschen Instrument der Photographischen Sternwarte der Kgl. Technischen Hochschule auch ergab. Es bleibt also nur übrig, das ganze Spiegelteleskop vorn durch eine massive Platte zu verschließen, die eine nun allerdings exzentrische Öffnung *O* besitzt, welche durch ein Filter bedeckt werden kann. Nur so ist es möglich, die ungeheuere Licht- und Wärmeenergie der Sonne schon vor dem Eintritt in das Teleskop auf einen entsprechenden Bruchteil zu reduzieren, so daß sowohl der Haupt- als auch insbesondere der Hilfsspiegel keine Formveränderungen erleiden.

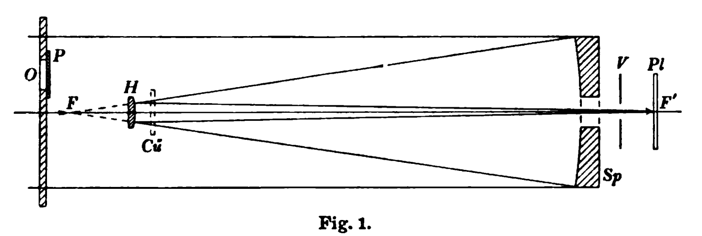


Fig. 1.

Für das Filter kommen in der Masse gefärbte und geschliffene Glasscheiben nicht in Betracht, da solche Glasflüsse zu inhomogen sind und besonders an dieser empfindlichen Stelle im parallelen Strahlengang eine starke Verschlechterung des Bildes hervorrufen würden. Farbstofflösungen in Küvetten sind aber auch nicht empfehlenswert, denn jedes Filter, das durch Absorption die überschüssige Lichtmenge der Sonne vernichtet, also auch oben genannte Farbscheibe, muß sich natürlich schon bei garnicht übermäßig langen Expositionszeiten erwärmen. Nun sind aber Wasser und in demselben Maße Alkohol, die ja hauptsächlich als Lösungsmittel für Farbstoffe in Betracht kommen, in ihrem Brechungsvermögen stark von der Temperatur abhängig. Zwar kann während der zur Aufnahme benötigten kurzen Expositionszeit eine nennenswerte Erwärmung der Flüssigkeit nicht eintreten; es ist jedoch außerordentlich bequem und für den Erfolg einer Sonnenaufnahme auch erforderlich, jederzeit die Schärfe und die Lage des Sonnenbildes auf der Mattscheibe kontrollieren zu können, und hierbei muß das Filter notwendigerweise doch auf längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt werden.

Da also die übergroße Energie der Sonne nicht durch Absorption vernichtet werden darf, muß versucht werden, sie durch Reflexion zu beseitigen. Schon Dawes

hat vorgeschlagen, Objektive von Refraktoren, welche für Sonnenbeobachtungen verwandt werden sollen, zu versilbern, und in der Tat wurden mit einem solchen Silberfilter in Verbindung mit oben genanntem Spiegelteleskop sehr gute Aufnahmen der Sonnenfinsternis 1912, 16. und 17. April auf der Hochschul-Sternwarte erhalten[1]).

Die Versilberung war für diesen Zweck durch Kathodenzerstäubung hergestellt worden, weil diese Methode sehr bequem gestattet, die Dicke des Silberspiegels abzupassen. Die Silberschicht wurde so stark gemacht, daß bei ca. $^1/_{20}$—$^1/_{100}$ Sek. Belichtungszeit richtig exponierte Bilder der Sonne erhalten wurden. Die Öffnung O und dementsprechend das Silberfilter hatten einen Durchmesser von 7 *cm*. Benutzt wurde eine planparallel geschliffene Bergkristallplatte, da sie in dieser Größe einmal vorhanden und optisch am einwandfreiesten war. Die Bilder der Sonne besaßen bei einer Äquivalent-Brennweite von rund 7 *m* einen Durchmesser von ca. 6,6 *cm*. Interessant sind besonders die um die Mitte der Finsternis erhaltenen Aufnahmen, da gerade an den auf ihnen abgebildeten Teilen des Mondrandes sich die höchsten Randgebirge befinden. Auf den Photogrammen sind sie trotz der starken Abblendung auf $^1/_{100}$ recht gut zu erkennen. Die größte Erhebung (nämlich die des Dörfelgebirges) beträgt dabei nur 3 Bogensekunden.

Aus den Aufnahmen ging aber auch hervor, daß zur Herstellung von Detailaufnahmen der Sonne, Flecken usw., die auflösende Kraft des Instrumentes gesteigert werden mußte. Das wäre ja ohne weiteres möglich durch Verwendung eines Silberfilters von größerem Durchmesser. Aber allzuweit darf man mit der Vergrößerung des Durchmessers nicht gehen. Bei günstigen Luftverhältnissen und guter Auswahl der Tageszeit, also 1—2 Stunden nach Sonnenaufgang und ebenso lange Zeit vor Sonnenuntergang, würde wohl ein Fernrohr von 20 bis höchstens 30 *cm* Öffnung das Maximum der Schärfe geben. Darüber hinausgehen, hieße die Schärfe der Abbildung herabsetzen. Wie aber die Erfahrungen der Praxis leider gezeigt haben, sind Scheiben von diesem Durchmesser optisch einwandfrei sehr schwer zu erhalten. Zudem ist der Kostenpreis ein recht hoher. Außerdem würde von einer solchen Scheibe die Mitte, d. h. diejenige Stelle, die gewöhnlich optisch am einwandfreiesten ist, durch den Hilfsspiegel herausgeblendet werden. Und da nun bei einem Spiegel von 30 *cm* Durchmesser durch jenen bei einigermaßen guter Fassung allein fast 9 *cm* abgedeckt werden, so würde dies eine große Verschwendung an Material bedeuten.

Man könnte dann daran denken, die nicht abgeblendete ringförmige Zone durch ein Filter zu bedecken, das aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt ist; aber auch dieses würde noch erhebliche Kosten verursachen, ohne einer anderen einfachen Anordnung gegenüber Vorteil zu bieten. Es genügt, wie im folgenden gezeigt werden soll, die übrigbleibende ringförmige Zone mit kreisrunden, möglichst eng aneinanderstoßenden Platten zu besetzen, und zwar wird sich ergeben, daß fünf Platten das günstigste Resultat liefern. Diese Platten werden dann bedeutend kleiner. Sie würden in dem angenommenen Falle rund 10 *cm* Durchmesser erhalten und könnten in dieser Größe eventuell noch aus Bergkristall hergestellt werden.

Bildet man einen rechteckigen Spalt A, der vor einer monochromatischen Lichtquelle steht, durch ein Objektiv ab, vor dem sich ein anderer schmaler Spalt B befindet, so wird das in der Vereinigungsebene des Objektives entstehende Bild des Spaltes A dem Original um so unähnlicher, je enger der Spalt B ist. Es entsteht die bekannte

---

[1]) Über die Resultate s. *Astronom. Nachr.* **191.** *Nr. 4574. S. 264. 1912.*

Beugungserscheinung, deren Intensitätsverteilung nach Schwerd[1]) durch die Kurve *a* in Fig. 2 und 3 gegeben ist. Zwei gleichbreite Spalte in verschiedenen Abständen geben die in den *b*- und *c*-Kurven gezeichneten Erscheinungen. Das Beugungsbild einer einfachen Öffnung ist von sekundären Minimis durchzogen, welche die „Spektren zweiter Klasse" abteilen[2]), und zwar stehen bei größerem Spaltabstand die sekundären Minima enger und sind schärfer als bei kleineren. Dies ist sowohl bei zwei als auch bei drei und mehr Spalten der Fall. In den *b*-Kurven ist durch die beiden ersten Minima rechts und links von der Mitte von dem primären durch eine einzige Öffnung hervorgerufenen Beugungsbild ein Teil abgeschnitten, in welchem die maximale Energie, verglichen mit derjenigen in der Mitte, klein ist. Dieses Verhältnis wird offenbar um so kleiner, je enger die beiden Spalte aneinanderrücken. Berühren sich beide, so muß es am kleinsten sein. In der Tat ist dann die obige Beugungserscheinung in die einfachere eines einzigen doppelt so breiten Spaltes übergegangen. (In Fig. 2b durch die gestrichelte Kurve angedeutet.) Das Bild ist dem Original, nämlich der beleuchteten spaltförmigen Öffnung, sehr viel ähnlicher geworden, als es bei der Abbildung durch einen nur halb so breiten Spalt der Fall ist. Aber auch bei Verwendung der zwei Spalten in einem gewissen Abstand voneinander ist eine Erhöhung des Auflösungsvermögens zu konstatieren. Es darf nur der Abstand nicht so groß gewählt werden, daß die Energie in den ersten Spektren zweiter Klasse rechts und links von der Mitte sich störend bemerkbar macht. Gelingt es, eine passende Größe des Abstandes zu finden, bei welcher dies der Fall ist, so hat man damit eine optische Anordnung, bei der das Definitionsvermögen größer ist als bei einem einzigen Spalt von der doppelten Größe eines der hier benutzten, allerdings nur in der Richtung, die senkrecht zu beiden Spalten steht. Die ausgezogene Kurve muß ja im Mittelstreifen immer innerhalb der punktierten verlaufen, wie auch der Abstand gewählt sei. Ob nun die Störung durch die Spektren zweiter Klasse erheblich ist

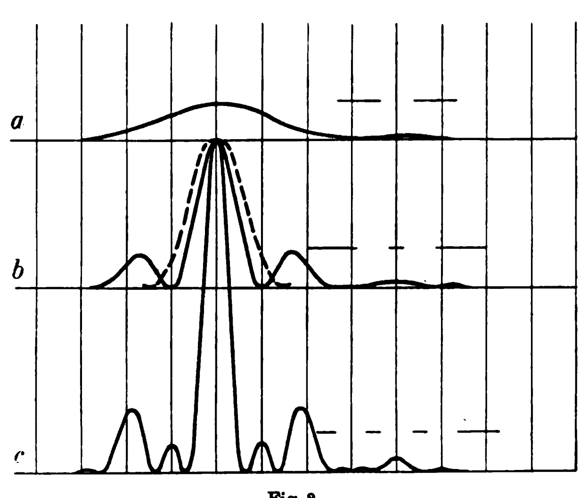


Fig. 2.

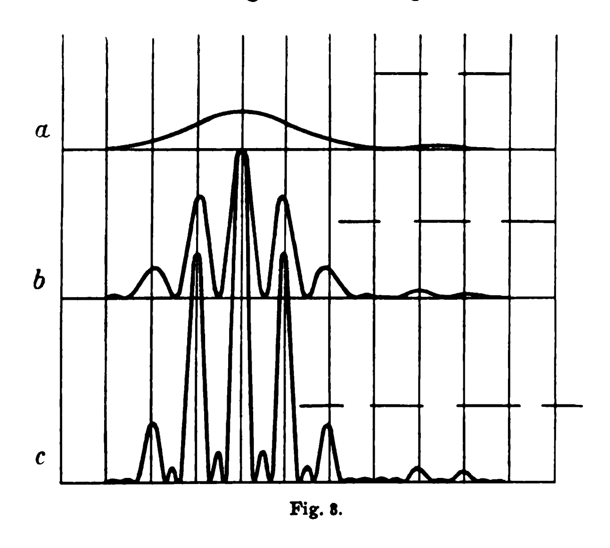


Fig. 3.

[1]) F. M. Schwerd, Die Beugungserscheinungen aus den Fundamentalgesetzen der Undulationstheorie analytisch entwickelt. Mannheim 1835. *§ 55. S. 25.*

[2]) *a. a. O. § 151. S. 91.*

oder nicht, das ist eine Frage, die nicht durch Berechnung der Intensitätskurven, sondern in jedem einzelnen Fall nur durch den Versuch, also bei der Verwendung für photographische Zwecke nur durch eine photographische Aufnahme, entschieden werden kann.

Ähnlich wie in dem Falle der spaltförmigen Öffnungen liegen die Verhältnisse, wenn als Lichtquelle kein Spalt, sondern ein leuchtender Punkt und als beugende Öffnung kreisförmige Löcher gewählt werden. Bei Verwendung zweier kreisförmigen Öffnungen von variablem Abstand findet man, daß das primäre Beugungsbild dann ähnlich wie oben bei spaltförmigen Öffnungen durch parallele Streifen durchzogen wird, die senkrecht zur Verbindungslinie beider Lochmitten stehen, und um so näher aneinanderrücken, je mehr sich die beiden beugenden kreisförmigen Öffnungen voneinander entfernen. Es werden sich also diese sekundären Minima durch passende Wahl des Abstandes der beiden beugenden Öffnungen voneinander ev. so legen lassen daß sie von dem primären scheibenförmigen Maximum rechts und links Stücke

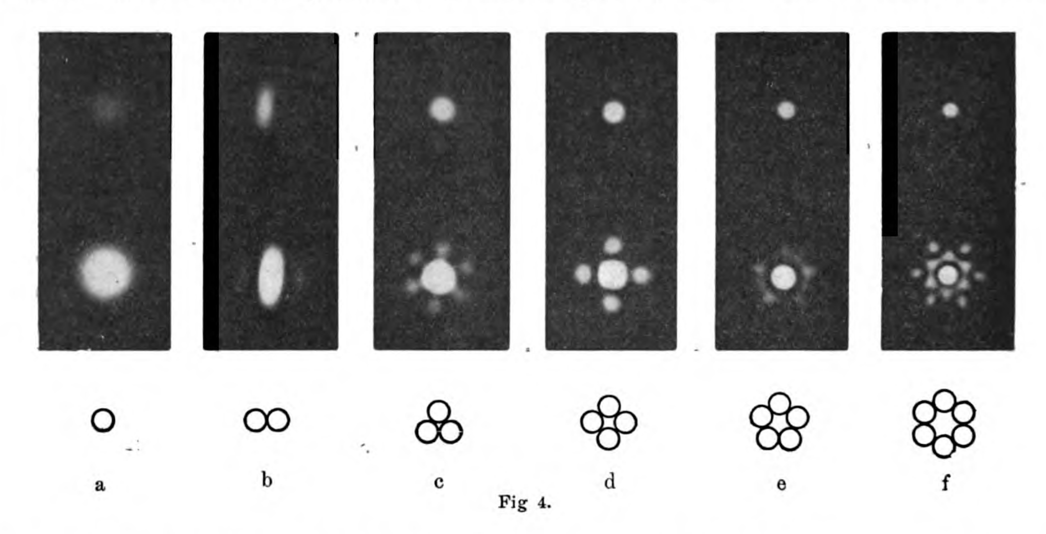


Fig 4.

abschneiden, die in ihrer maximalen Intensität, verglichen mit derjenigen der Mitte des Beugungsbildes, sehr herabgedrückt sind, so daß sie z. B. photographisch nicht mehr wirken, wenn die Mitte gut ausexponiert ist. Hierdurch würde aber das Auflösungsvermögen der optischen Anordnung in der Richtung der Verbindungslinie der Mitten beider kreisförmigen Öffnungen erhöht worden sein.

Nun ist mit der Erhöhung des Auflösungsvermögens in einer Richtung nicht viel gewonnen, auch nach allen anderen Richtungen muß möglichst dieselbe Steigerung der Definition bewirkt werden. Erreichen läßt sich dies nur durch Steigerung der Lochzahl, wobei gleichzeitig die Löcher möglichst symmetrisch um einen Punkt verteilt werden müssen. Daher ergibt sich von selbst diejenige Anordnung, welche bei der Herstellung der in Fig. 4 wiedergegebenen Serie von Photogrammen benutzt wurde. Es sind dort die Beugungsfiguren reproduziert, welche entstehen, wenn die unten abgebildeten Beugungsschirme benutzt werden. Die obere Reihe wurde so exponiert, daß auf dem Negativ die Mitte der Beugungsfigur gut geschwärzt ist, während bei der unteren Reihe mehr Gewicht darauf gelegt wurde, daß die abgeteilten Nebenbilder noch möglichst hervortreten. Die Mitte des Beugungsbildes wird um so kleiner, d. h., die punktförmige Lichtquelle wird um so ähnlicher abgebildet, je mehr Öffnungen der beugende Schirm enthält. Und dies ist auch verständlich, da eine

um so engere Einschnürung des Mittelbildes auftreten muß, je weiter zwei diametral gegenüberliegende beugende Öffnungen voneinander entfernt sind. Diese Entfernung wächst aber mit zunehmender Lochzahl.

Aber die Kleinheit des mittleren hellen Teiles des Beugungsscheibchens bestimmt doch offenbar nicht allein das Definitionsvermögen der Versuchsanordnung. Bei dem Fünfeck sind die störenden Nebenbilder viel schwächer als bei dem Viereck oder gar beim Sechseck. Denselben Vorzug hat das hier nicht reproduzierte Bild des Siebenecks gegenüber dem Sechseck und Achteck, das Neuneck gegenüber dem Achteck und Zehneck. Diese Tatsache kann man sich auch erklären, wenn man sich die Lage der Spektren zweiter Klasse in den Beugungsbildern für die angegebenen Öffnungen aufzeichnet. Wollte man nun aber z. B. die Beugungserscheinung der Fünfecksanordnung konstruieren, so müßte man ja eigentlich jede der fünf Öffnungen mit jeder anderen interferieren lassen und die Lage der Spektren zweiter Klasse sowie ihre Intensität berechnen. Diese Berechnung würde unendlich kompliziert werden, andererseits aber praktisch nur von geringer Bedeutung sein, da man selbst bei genauer Kenntnis der Intensitäten verschiedener Stellen des Nebenbildes immer noch nicht angeben kann, ob die durch dieses bedingte Störung groß genug sein würde, um eine reguläre Abbildung allein durch das Zentralscheibchen unmöglich zu machen. Hierbei spielen außer dem Intensitätsverhältnis beider Stellen des Beugungsbildes Gradation der Platte, Temperatur und Konzentration des Entwicklers sowie Entwicklungsdauer eine große Rolle. Daher wurde für die folgenden Betrachtungen nur die Lage der verschiedenen Spektren zweiter Klasse konstruktiv ermittelt. Aber auch unter dieser Beschränkung wird sich eine gute Erklärung der beobachteten Tatsachen ergeben.

Bei einer Anordnung der Öffnungen im Dreieck (siehe die Fig. 5a) kann die größte Unterteilung des primären Beugungsbildes einer einzigen beugenden Öffnung offenbar nur durch zwei eng aneinanderstoßende Öffnungen hervorgerufen werden, also entweder durch A und B oder B und C oder C und A. Faßt man zunächst B und C ins Auge, so findet man nach der Schwerdschen Konstruktion[1]) den Abstand der Minima der Spektren zweiter Klasse so, wie er in der Fig. 5b aufgezeichnet ist. Diese in die Figur des primären Beugungsbildes eingetragen, ergeben das in Fig. 5c gezeichnete Bild. Läßt man dann die Öffnungen A und B sowie A und C miteinander interferieren, so erhält man dieselbe Erscheinung, aber um 120° in dem einen bzw. dem anderen Sinne gegen die erste gedreht. Wenn man nun diese drei Zeichnungen miteinander zur Deckung bringt, so ergibt sich in der Tat eine Figur, welche der Photographie des Beugungsbildes einer punktförmigen Öffnung durch eine solche Lochanordnung hervorragend ähnelt: ein sechseckiges helles Mittelbild, umgeben von 6 Nebenbildern, welche relativ schwach sind, da sie schon dicht neben dem ersten schwarzen Ringe in der Beugungsfigur *einer* Kreisöffnung liegen. Es zeigen sich dann noch, dicht um das Mittelbild gruppiert, sechs dreieckige hellere Stellen, die aber nicht zur Geltung kommen können, da die Intensität in ihnen zu gering ist.

Konstruiert man sich ebenso die Beugungserscheinungen einer Vierecks-, Fünfecks- usw. Anordnung, so ersieht man, daß die Einschnürung des Mittelbildes immer stärker wird. Gleichzeitig zeigt sich aber auch, daß das Fünfeck, Siebeneck usw. günstigere Resultate ergeben als das Sechseck, Achteck usw. Bei der Fünfecksanordnung (siehe Fig. 6a) z. B. tritt das primäre Beugungsscheibchen rechts und

[1]) a. a. O. *§ 135. S. 84.*

links von der Mitte zuerst unterteilt durch zwei breite tiefe Minima, welche aus der Vereinigung der ersten dunklen Streifen der Öffnungen *E* und *B* sowie *D* und *C* herrühren. Die von dem Scheibchen dann noch restierenden, schon wesentlich lichtschwächeren Teile rechts und links des Mittelstückes werden außerdem von je einem zweiten Minimum herrührend aus der Interferenz der Öffnungen *E* und *B* durchzogen. Beim Übereinanderlegen der Deckblätter, welche die Erscheinungen senkrecht zu den Richtungen *BM*, *CM* und *DM* enthalten, zeigt sich, daß fast die ganze Fläche des primären Beugungsscheibchens von den starken und breiten Minimis rechts und links von der Mitte durchzogen

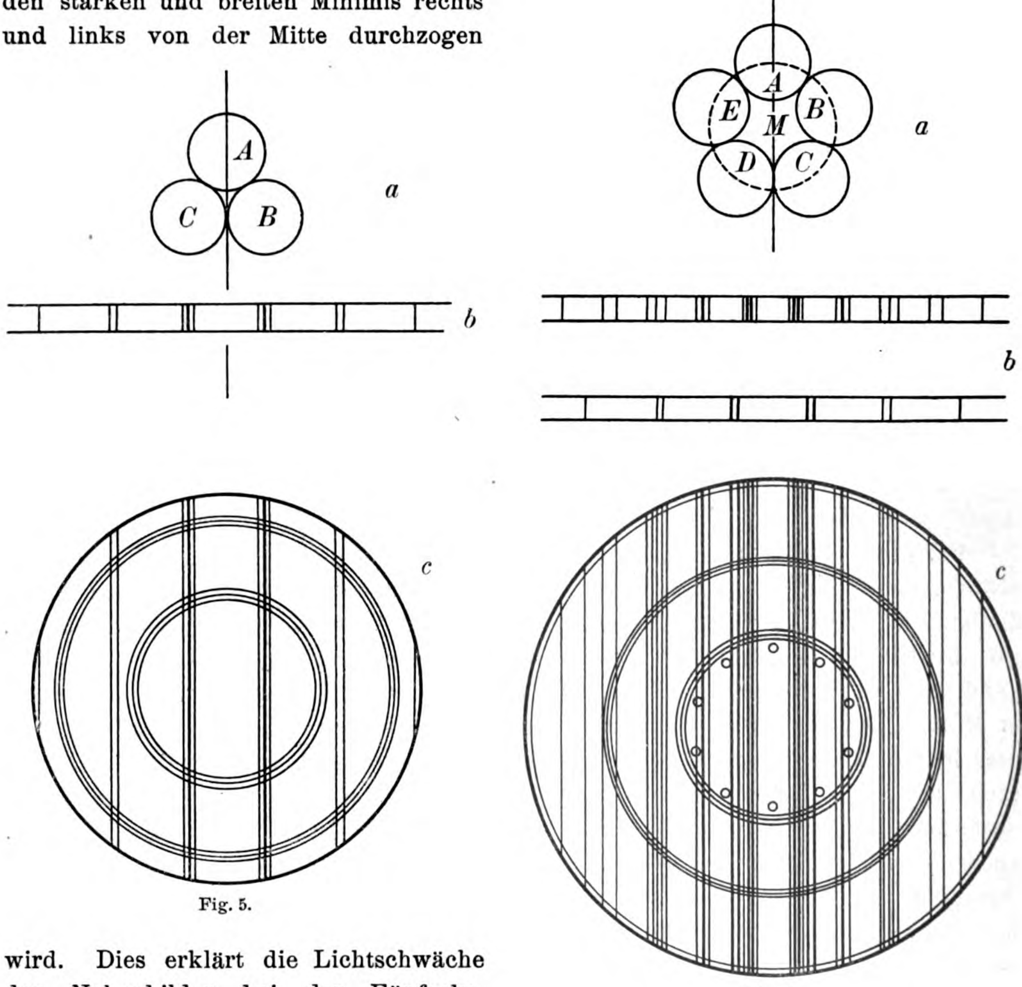


Fig. 5.

Fig. 6.

wird. Dies erklärt die Lichtschwäche der Nebenbilder bei der Fünfecksanordnung.

Es kommt also hauptsächlich darauf an, daß die paarweise zugeordneten Öffnungen möglichst verschiedene Abstände haben, und das ist vorzüglich der Fall, wenn eine ungerade Anzahl von Löchern benutzt wird. Wird die Lochzahl überhaupt sehr groß, so macht sich der Vorteil der ungeraden Zahlen nicht so sehr bemerkbar als bei einer kleineren Anzahl. Die folgenden Aufnahmen zeigen diese Bevorzugung deutlich. Zu ihrer Herstellung wurden Beugungsschirme mit steigender Lochzahl benutzt. Die Versuchsanordnung war kurz folgende:

Eine große, solide konstruierte optische Bank trug ein horizontal liegendes Fernrohr, vor dessen Objektiv *O* die zu benutzenden beugenden Öffnungen angebracht


Printers' Furn
ers of Printing &

a *b* *c*


Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Al
compared with blocks etche
bath method.
You have often to submit perfect proofs
into the matter of costs of these perfec
how disorganised your machine-room be
the purpose of getting these perfect pro
By laying down the "Lightning" Proof P
comes a thing of the past.

g *h* *i*

Verlag von Jul



Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Alt
compared with blocks etche
bath method.
You have often to submit perfect proofs
into the matter of costs of these perfec
how disorganised your machine-room be
r the purpose of getting these perfect proo
By laying down the "Lightning" Proof Pr
comes a thing of the past.

d



Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Alt
compared with blocks etche
bath method.
You have often to submit perfect proofs
into the matter of costs of these perfec
how disorganised your machine-room be
r the purpose of getting these perfect proo
By laying down the "Lightning" Proof Pr
comes a thing of the past.

e



Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Alt
compared with blocks etche
bath method.

f



Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Alt
compared with blocks etche
bath method.
You have often to submit perfect proofs
into the matter of costs of these perfec
how disorganised your machine-room be
r the purpose of getting these perfect proo
By laying down the "Lightning" Proof Pr
comes a thing of the past.

k



Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Alt
compared with blocks etche
bath method.
You have often to submit perfect proofs
into the matter of costs of these perfec
how disorganised your machine-room be
r the purpose of getting these perfect proo
By laying down the "Lightning" Proof Pr
comes a thing of the past.

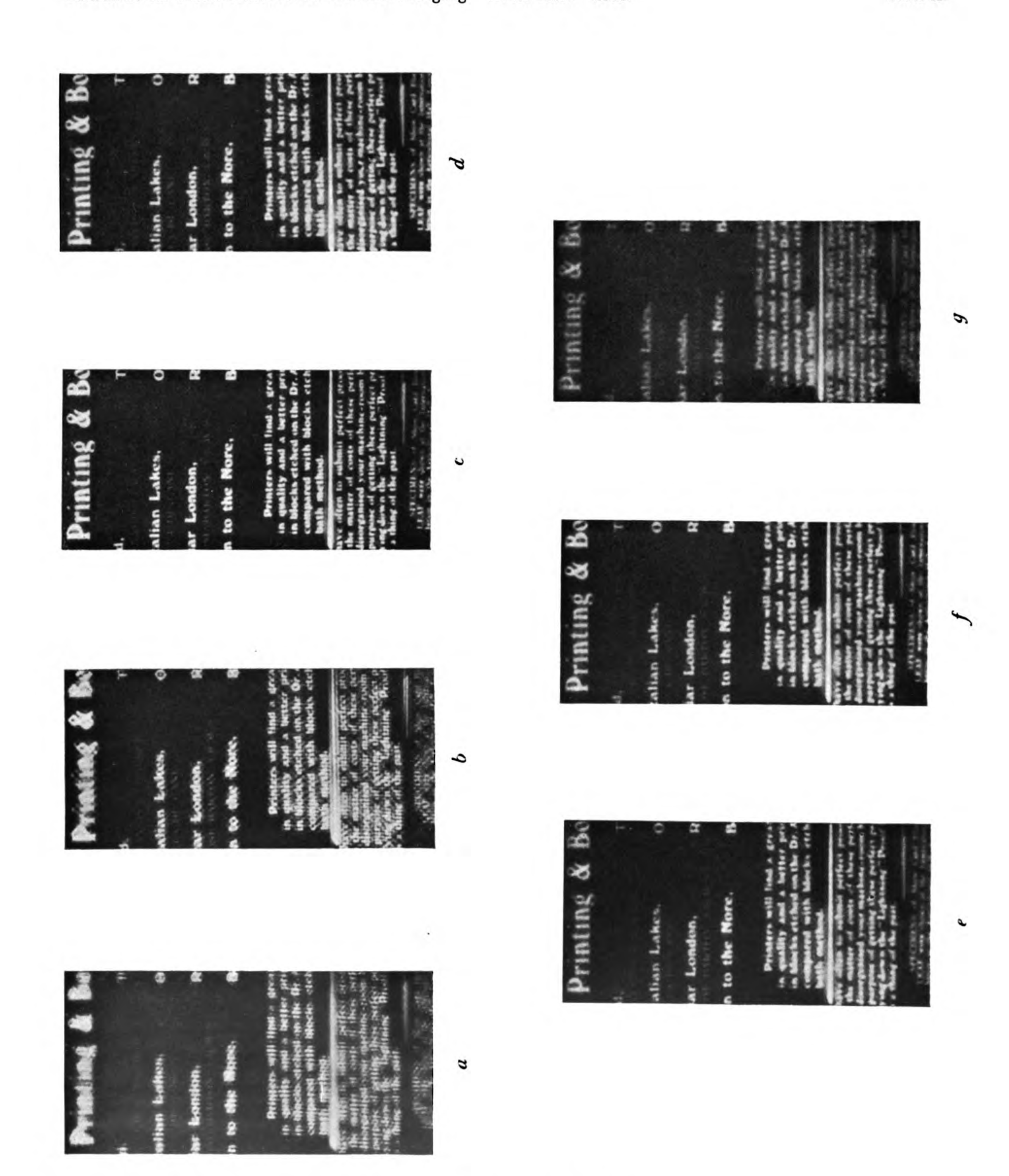
l



Printers' Furnis
ers of Printing &
Ireland,
The Italian Lakes,
Familiar London,
London to the Nore,
Printers will find a greate
in quality and a better print
in blocks etched on the Dr. Alt
compared with blocks etche
bath method.
You have often to submit perfect proofs
into the matter of costs of these perfec
how disorganised your machine-room be
r the purpose of getting these perfect proo
By laying down the "Lightning" Proof Pr
comes a thing of the past.

m

ger in Berlin.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

waren. In etwa 50 *m* Abstand befanden sich die abzubildenden Objekte, also z. B. eine punktförmige Öffnung oder eine Schrifttafel (s. u.), welche durch eine Bogenlampe entsprechend beleuchtet wurden. Die in der Brennebene des Fernrohrs entstehende Beugungsfigur ist aber noch viel zu klein, um direkt photographiert werden zu können[1]). Sie wurde daher durch ein Projektionsokular in stark vergrößertem Maßstabe auf die Mattscheibe bzw. photographische Platte projiziert. Da das Objektiv des Fernrohres für die sichtbaren Strahlen korrigiert war, wurden an der Lichtquelle durch ein vorgeschaltetes Filter die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen ausgeschaltet.

Als Testobjekt diente eine mit Hilfe des nassen Kollodiumverfahrens hergestellte Platte, welche Schriftproben in abgestufter Feinheit zeigte. Auf der beigefügten Doppeltafel I ist in Abb. a die Erscheinung wiedergegeben, wie sie bei Anwendung einer einzigen beugenden Öffnung entsteht. Werden statt der einen Öffnung deren drei (Abb. b) eng aneinanderstoßend genommen, so zeigt sich, daß die Abbildung eine viel vollkommenere geworden ist. Bei vier Öffnungen (Abb. c) ist die Schrift noch schärfer, da der Abstand der Öffnungen dann größer ist. Nichtsdestoweniger muß man die Anordnung als ungeeigneter bezeichnen als die vorhergehenden, denn die Nebenbilder treten hier zu stark hervor. Man beachte besonders die Schriftprobe 3 (*Printers furnishers* usw.), ferner die kleineren Schriften (5) und die Trennungsstriche. Alle diese Nebenerscheinungen können im Zweifelsfalle zu Täuschungen Anlaß geben. Dies ist bei der Dreiecksanordnung ausgeschlossen, und daher würde letztere gegen die Anordnung in Viereckform vorzuziehen sein. Ein reguläres Fünfeck, dessen beugende Öffnungen dicht aneinanderstoßen, gibt ein recht gutes Resultat (Abb. d). Die Abbildungen e und f sind auch mit Hilfe zweier Fünfecksöffnungen hergestellt, bei denen der Abstand der beugenden Öffnungen voneinander jedoch das $1^1/_4$- und $1^3/_4$fache des Durchmessers der Öffnungen beträgt. Man sieht, daß die Schrift zwar kleiner und auch schärfer geworden ist, jedoch besonders in der Abbildung f die störenden Nebenbilder sehr an Helligkeit gewonnen haben. Infolgedessen ist die Güte der Abbildung dieser Anordnung geringer als die derjenigen Anordnung, bei welcher die fünf Öffnungen eng benachbart liegen. Sechs Öffnungen (Abb. g) sind recht gut, geben jedoch stark störende Nebenbilder (Schriftproben 1, 2, 3 usw.), während eine Anordnung von sieben Öffnungen (Abb. h) wieder ausgezeichnete Bilder gibt. Die anderen Photogramme zeigen von den mit acht (i) bis zu den mit elf (m) Öffnungen hergestellten immer feiner, d. h. dem Original ähnlicher werdende Schrift. Die mit einer ungeraden Lochzahl, nämlich 9 (k), 11 (m) und 13[2]) usw., aufgenommenen sind außerdem von Nebenbildern freier als ihre Nachbarn, die mit einer um eins größeren Anzahl von Öffnungen erhalten wurden. Die Erscheinung ist bei der großen Lochzahl allerdings, wie schon oben betont, nicht mehr so frappant als bei der Dreiecks- oder Fünfecksanordnung.

Also: *je mehr Öffnungen, desto besser die Definition*; ferner: *möglichst eine ungerade Anzahl von Öffnungen.*

[1]) Der Durchmesser der kreisförmigen Öffnungen der Beugungsschirme, die zur Anfertigung der Photogramme in Abb. 4 benutzt wurden, betrug 3 *mm*. Sie wurden mit Spiralbohrer in Messingblech gebohrt. Trotz Anwendung aller möglichen Vorsichtsmaßregeln ließ es sich nicht vermeiden, daß der Bohrer von der gewünschten Richtung mehr oder weniger abwich. Diese Unsymmetrien in der Anordnung der einzelnen Beugungsöffnungen dokumentieren sich natürlich auch in den Photogrammen (s. besonders 4e). — Bei den Photographien der Testtafel (Schriftproben) wurden Beugungsschirme verwendet, welche durch Einschlagen kreisrunder Löcher von je 18 *mm* Durchmesser in dünnen Karton hergestellt worden waren.

[2]) Hier nicht mehr abgebildet.

Nun kann man jedoch eine beliebig große Lochzahl nicht anwenden. Man wird ja im allgemeinen die Größe eines Loches bzw. einer Filterplatte möglichst groß wählen, weil dadurch der Durchmesser des primären Beugungsscheibchens schon von vornherein kleiner wird. Es ist jedoch oben gezeigt worden, daß es aus technischen Gründen nicht möglich sein dürfte, die Platten größer als 10 *cm* im Durchmesser zu wählen. Wollte man mit Hilfe solcher Platten ein Dreizehneck konstruieren, so würde die von ihm eingeschlossene Fläche sehr groß werden, jedenfalls größer als ein Spiegel von 30 *cm* Durchmesser. Es ist aber, wie oben ausgeführt, nicht ratsam, bei Sonnenaufnahmen über 30 *cm* Öffnung hinauszugehen, weil die Unruhe der Luft, hervorgerufen durch die Einstrahlung der Sonne selbst, eine scharfe Abbildung auch bei vollkommener optischer Konstruktion unmöglich machen würde. Will man also zu einer großen Lochzahl übergehen, so muß man in dem Maße, wie die Anzahl der Öffnungen steigt, deren Durchmesser verkleinern, so zwar, daß die eng aneinanderstoßenden Öffnungen einerseits keine größere Fläche bedecken als einen Kreis von 30 *cm* Durchmesser, andererseits auch stets den für den Hilfsspiegel benötigten Platz frei lassen. Konstruktiv läßt sich leicht ermitteln, daß bei einer Dreiecks- bzw. Vierecksanordnung mit eng aneinanderstoßenden Filtern diese viel zu groß werden würden, viel größer als 10 *cm* im Durchmesser, welche Größe als die maximale für sie festgesetzt wurde. Konstruiert man nun mit Filtern von 10 *cm* Durchmesser ein Dreieck bzw. Viereck nach obigen Gesichtspunkten (Tafel II, a und b), so muß das Auflösungsvermögen dieser Anordnungen sehr schlecht werden, da die einzelnen runden Öffnungen nicht mehr aneinanderstoßen. Welchen Einfluß eine Vergrößerung des Abstandes der beugenden Öffnungen voneinander auf die auflösende Kraft der optischen Anordnung hat, zeigt aber das Beispiel des Fünfecks (vgl. Tafel I d, e und f). Es wird also die Dreiecksanordnung in diesem Falle ein schlechteres Auflösungsvermögen geben als die im Viereck, und diese wiederum ein schlechteres als diejenige des Fünfecks und des Sechsecks. Von diesem an müssen die einzelnen beugenden Öffnungen kleiner werden, so daß hier wieder eine schlechtere Abbildung resultieren kann. Es existiert also ein Optimum der auflösenden Kraft, und dieses wird etwa beim Fünfeck oder beim Sechseck liegen. Beim sorgfältigen Vergleichen der Aufnahmenserie auf Tafel II, bei welcher Lochanordnungen dieser Art benutzt werden, findet man in der Tat, daß das Fünfeck (c) die bei weitem beste Abbildung liefert, so daß es sich also empfehlen dürfte, eine Einrichtung zu konstruieren, welche fünf gleichgroße beugende Öffnungen besitzt, die mit den entsprechenden Filtern bedeckt sind, und welche so eng aneinanderstoßen, wie es die mechanische Ausführung überhaupt zuläßt.

Für Vergleichszwecke wurde endlich noch eine Reihe von Aufnahmen angefertigt, mit Hilfe deren die auflösende Kraft der engen Fünfecksanordnung verglichen werden konnte, einerseits mit derjenigen kreisrunder Öffnungen von verschiedenen Durchmessern, andererseits mit ebensolchen, aus denen in der Mitte ein kleiner Kreis von konstantem Durchmesser herausgeblendet worden war, so daß eine Anordnung entstand, welche der Kombination Hauptspiegel—Hilfsspiegel des Cassegrain-Teleskopes entsprach. Ein Vergleich ergibt, daß die Fünfecksanordnung, bei welcher die fünf Löcher von je 28 *mm* Durchmesser einem Kreise von etwa 54 *mm* Durchmesser einbeschrieben sind, die Schriften etwa ebensogut wiedergibt wie die kreisrunde Blende von 50 *mm* Durchmesser oder wie eine runde Öffnung von etwa 55 *mm* Durchmesser mit Mittelblende von 18 *mm* Durchmesser. Daß die Mittelblende eine Verschlechterung der Abbildung bewirkt, ist einleuchtend. Daher muß die Gesamtöffnung

in diesem Falle größer sein. Selbst unter der Annahme, daß Fehler in der Einhaltung der Expositionszeit usw. die Erscheinung etwas zu Ungunsten der Kreisöffnung verschoben haben mögen, kann man wohl sagen, daß die Fünfecksanordnung, die eine Kreisfläche von etwa 54 *mm* Durchmesser bedecken würde, etwa dasselbe leistet wie eine Kreisöffnung mit einem um etwa 10 bis höchstens 15 Prozent kleineren Radius.

Dieses Ergebnis erinnert an die Erhöhung der Abbildungsschärfe eines Mikroskops bei schiefer Beleuchtung. Auch in diesem Falle ist die Lichtmenge bedeutend geringer als bei zentraler Beleuchtung. Es darf daher nicht wundernehmen, daß die Fünfecksanordnung dasselbe leistet wie eine nicht viel kleinere Kreisöffnung, trotzdem ihr Flächeninhalt nur etwa $^2/_3$ von dieser beträgt. Die äußersten interferierenden Strahlen haben in beiden Fällen ungefähr dieselbe Neigung zueinander, und diese ist maßgebend für die Schärfe der Abbildung.

Es ist geplant, für das Goerz-Schmidtsche Spiegelteleskop der Sternwarte der Kgl. Techn. Hochschule eine solche Einrichtung anfertigen zu lassen. Über die Resultate wird eventuell später berichtet werden.

Der Rauchglaskeil als photometrische Schwächungseinrichtung.

Von

Dr. **Hugo Krüss** in Hamburg.

Zu den in der Photometrie benutzten Lichtschwächungsmitteln gehört das Rauchglas. Seine Handhabung ist außerordentlich bequem, als einziger Übelstand tritt dabei der Umstand auf, daß das im Handel erhältliche Rauchglas nicht immer vollkommen neutral gefärbt ist, also nicht immer auf Strahlen verschiedener Wellenlängen in gleichem Maße schwächend einwirkt. In bezug auf diesen Punkt ist also eine gewisse Vorsicht bei der Auswahl und bei der Anwendung von Rauchglas zu photometrischen Zwecken zu beachten.

In der praktischen Photometrie wird das Rauchglas zunächst in Form von planparallelen Platten benutzt, deren Durchlässigkeit vorher bestimmt ist. Es kommen Rauchglasplatten von verschiedener Durchlässigkeit oder auch mehrere derselben Lichtauslöschung zur Verwendung, so bei dem von mir konstruierten Rauchglasphotometer[1]), bei meinen Apparaten zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke[2]) und bei dem Beleuchtungsmesser von Martens[3]).

Die Anwendung von Rauchglasplatten gestattet aber immer nur eine bestimmte Lichtschwächung und bei Benutzung mehrerer Platten ein sprungweises Fortschreiten. Eine allmähliche Veränderung der Lichtschwächung wird erreicht, wenn man das Rauchglas in Keilform durch das Photometerfeld bewegt. Derartige Keilphotometer sind in der Astronomie vielfach in Benutzung, in der wissenschaftlichen und technischen Lichtmessung, soweit mir bekannt, sehr wenig oder gar nicht[4]). Der Grund für diesen auffallenden Unterschied wird sich aus den folgenden Ausführungen ergeben.

---

[1]) *Journ. f. Gasbel.* **49.** *S. 109. 1906.*

[2]) *Journ. f. Gasbel.* **45.** *S. 738. 1902;* **47.** *S. 917. 1904.*

[3]) *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 436. 1903.*

[4]) Der beim Spektrophotometer von Hüfner angebrachte Rauchglaskeil dient weniger zur unmittelbaren Lichtmessung, sondern nur zur Ausgleichung des durch das Nikolsche Prisma verursachten Lichtverlustes.

Über die Geschichte des Keilphotometers und seine Anwendung in der Astronomie gibt G. Müller[1]) ausführliche Auskunft, auf die hier im wesentlichen verwiesen sein mag. Es sei nur erwähnt, daß der erste Vorschlag zur Anwendung von Keilen in der astronomischen Photometrie von de Maistre[2]) herrührt, während das Keilphotometer zumeist unter dem Namen Pritchard[3]), als dessen Erfinder, geht, welcher es ohne Kenntnis der früheren Vorgänge im Jahre 1881 neu konstruierte.

Die Rauchglaskeile werden nun in der Photometrie in verschiedenen Anordnungen benutzt, die aus Fig. 1 ersichtlich sind. Die einfachste Form ist unter *A* dargestellt; sie wird gebildet durch ein keilförmig geschliffenes Stück Rauchglas, welches, sei es einfach mit der Hand oder durch eine Triebvorrichtung, durch den abzuschwächenden Lichtstrom geschoben wird. Die Geschwindigkeit, mit der bei dieser Bewegung die durch den Keil verursachte Lichtschwächung sich ändert, ist offenbar abhängig von dem Verhältnis der Höhe h des Keiles an seiner Basis zu seiner Länge l, das ist von der Größe des Keilwinkels α.

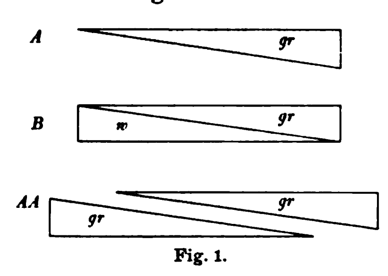


Fig. 1.

Bei diesem einfachen Keil werden die ihn durchsetzenden Strahlen abgelenkt. Um diese Richtungsänderung zu vermeiden, hat schon de Maistre den lichtschwächenden Keil mit einem solchen aus farblosem Glase, von demselben aber entgegengesetzt gelagertem Keilwinkel verbunden (*B*). Kayser[4]) in Danzig hat zuerst diese beiden Keile fest miteinander verkittet.

In dieser Form wird der Rauchglaskeil in der Astronomie angewandt. Er befindet sich zumeist in der Brennebene des Objektives, die auf ihn fallenden Sternbilder sind also sehr klein und nehmen nur jeweils eine ganz geringe Ausdehnung des Keils in Anspruch. Ebenso kann dieser Keil benutzt werden zur Lichtschwächung unmittelbar vor dem Spalt eines Spektralapparates, da die Spaltbreite gewöhnlich nur Bruchteile eines Millimeters beträgt.

Sollen aber Rauchglaskeile zur Schwächung von Strahlenbündeln dienen, die ein ganzes Photometerfeld beleuchten, so fällt sofort in die Augen, daß der einfache Keil (*A* oder *B*), von dem in solchem Falle eine größere Länge gleichzeitig zur Wirkung gelangt, in den verschiedenen Teilen dieser Länge eine verschiedene Lichtschwächung besitzt, also eine ungleichmäßige Beleuchtung des Photometerfeldes verursachen würde. Um dieses zu vermeiden, verwandte Spitta[5]) zwei entgegengesetzt gelagerte Rauchglaskeile (*AA*) von gleichen Keilwinkeln, welche längs ihrer Hypotenusenfläche aneinander verschoben werden, so daß sie in der Ausdehnung, in welcher sie übereinander liegen, zusammen eine planparallele Platte bilden, deren Dicke und lichtschwächende Wirkung durch Bewegen der beiden Keile gegeneinander verändert wird. Diese Bewegung beider Keile wird so bewirkt, daß jeder Keil in einen Rahmen gefaßt ist, der in seiner Länge mit Zahntrieb versehen ist. Zwischen die beiden Zahnstangen ist ein Triebrad gelagert, welches beide Keile gleichmäßig, aber in entgegengesetzter Richtung verschiebt. An einer Längsteilung kann die jeweilig wirksame Dicke des Doppelkeiles abgelesen bzw. bestimmt werden. Eine derartige Einrichtung hat O. Wiener bei seinem Photometer zur Bestimmung der Himmelshelligkeit an-

[1]) G. Müller, Die Photometrie der Gestirne. Leipzig 1897. *S. 182* ff.

[2]) *Bibl. univers. Genève* ***51.*** *S. 323. 1832.*

[3]) *Proc. Amer. Acad.* ***17.*** *S. 231. 1881.*

[4]) *Astron. Nachr.* ***57.*** *Nr. 1346. 1862.*

[5]) *Proc. Roy. Soc. London* ***47.*** *S. 15. 1890.*

gebracht[1]). Da dieser Doppelkeil schon an sich eine planparallele Platte darstellt, also keine Ablenkung verursacht, so ist die Verkittung der Rauchglaskeile mit Keilen aus weißem Glase nicht erforderlich.

Um die Lichtdurchlässigkeit der verschiedenen Rauchglaskeile rechnerisch zu bestimmen, sind folgende Faktoren zu beachten. Zunächst findet sowohl beim Eintritt der Strahlen in den Keil als auch beim Austritt aus demselben ein Reflexionsverlust statt, der von dem Auffalls- und dem Austrittswinkel der Strahlen und dem Brechungsverhältnis des Glases abhängig ist. Er ist über die ganze Länge des Keiles derselbe und sei mit R bezeichnet.

Sodann findet eine Absorption in der Masse des Glases statt. Der hierfür in Betracht kommende Durchlässigkeitsfaktor, bezogen auf 1 *mm* Glasdicke, sei für das graue Glas mit D_{gr}, für das weiße Glas mit D_w bezeichnet. Die jeweils durchlaufene Dicke jedes Rauchglaskeiles sei d, dann ist die Dicke des weißen Glaskeiles an derselben Stelle $h-d$, wenn h die Keilhöhe an seiner Basis bedeutet.

Setzt man nun die Lichtstärke der auf den Rauchglaskeil fallenden Strahlen gleich der Einheit, so ist die Lichtstärke i der Strahlen nach Durchlaufen des Keiles

bei einem einfachen Rauchglaskeil (A) $i = R\, D_{gr}^{d}$

bei einem verkitteten Rauchglaskeil (B) $i = R\, D_{gr}^{d}\, D_{w}^{h-d}$

bei zwei einfachen Rauchglaskeilen ($A\,A$) $i = R^2 D_{gr}^{2d}$.

Es sei hier bemerkt, daß der Faktor R bzw. R^2 wegfallen kann, wenn man den nicht durch den Keil beeinflußten Teil des Photometerfeldes, also das Vergleichsfeld, in seiner Beleuchtungsstärke durch Einschaltung eines bzw. zweier dünner weißer Glasplatten in die ihn beleuchtenden Strahlen schwächt, also auch hier den Faktor R bzw. R^2 einführt.

In der Astronomie wird nun das Keilphotometer zur Bestimmung der Größenklassen der Sterne benutzt, indem man den Keil so einstellt, daß er das Bild des Sternes gerade auslöscht. Als Unterschied zweier Größenklassen der Sterne wird aber der logarithmische Unterschied der Lichtstärke der beiden Sterne (dividiert durch 0,4) bezeichnet. Sind die Dicken des Rauchglaskeiles, um zwei Sterne mit dem Unterschied einer Größenklasse auszulöschen, d_1 und d_2, die zugehörigen Lichtstärken i_1 und i_2, so hat man für den verkitteten Keil (B)

$$\begin{aligned} \lg i_1 &= \lg R + d_1 \lg D_{gr} + (h - d_1) \lg D_w \\ \lg i_2 &= \lg R + d_2 \lg D_{gr} + (h - d_2) \lg D_w \\ \lg i_1 - \lg i_2 &= (d_1 - d_2)(\lg D_{gr} - \lg D_w)\,. \end{aligned}$$

Für d_1 und d_2 kann man die zugehörigen Keillängen l_1 und l_2 einführen. Dann wird

$$\begin{aligned} \lg i_1 - \lg i_2 &= (l_1 - l_2)\,\frac{h}{l}\,(\lg D_{gr} - \lg D_w) \\ &= (l_1 - l_2)\,K\,, \end{aligned}$$

wo K die sogenannte Keilkonstante ist. Der Unterschied der Größenklassen ist also direkt proportional dem an der Bewegungsteilung abgelesenen Längenunterschied.

Diese einfache Beziehung war für die ausgedehnte Anwendung der Rauchglaskeile in der Sternphotometrie bestimmend. Es darf aber nicht übersehen werden, daß

[1]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S.* 55. *1912.*

in der Benutzung derselben Einrichtung in der gewöhnlichen Photometrie die Verhältnisse leider nicht so einfach liegen, daß man dort nicht die Helligkeitsunterschiede einfach an der Längenteilung ablesen kann, also z. B. auch nicht für einen bestimmten Doppelkeil behaupten kann, daß man auf 1 *mm* an der Skala des Doppelkeiles genau einstellen kann, und daß diese Einstellungsgenauigkeit einer Durchlässigkeit von 0,5 % entspricht[1]). Das ist für verschiedene Stellen des Keiles verschieden, wie aus der Formel für die durchgelassene Lichtmenge i ohne weiteres ersichtlich ist.

Um einige Zahlenangaben über die Lichtdurchlässigkeit der Rauchglaskeile zu erhalten, muß zunächst eine Annahme über die Größe von R und von D_w gemacht werden.

Der Reflexionsfaktor R berechnet sich nach dem Fresnelschen Reflexionsgesetz bei normalem Auffall und Austritt für den Brechungsindex von 1,5 zu 0,923, von 1,6 zu 0,899; bei 30 Grad Einfallswinkel ist diese Größe um 0,003 kleiner. Man geht also nicht weit fehl, wenn man $R = 0,9$ setzt. Der Durchlässigkeitsfaktor für farbloses Glas ist für eine Schichtdicke von 10 *mm* 0,95, also ist $D_w = \sqrt[10]{0,95}$.

Unter Zugrundelegung dieser Zahlen erhält man folgende Werte für Keildicken von 0—10 *mm* und für die auf 1 *mm* bezogenen Durchlässigkeitsfaktoren D_{gr} des Rauchglases von 0,9 — 0,1.

Einfacher Rauchglaskeil *A*.

Durchlässigkeitsfaktor D_{gr}	Durchgelassene Lichtmenge $i = R\,D_{gr}^d$, bei den Dicken d in Millimetern										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,9	0,9	0,81	0,729	0,655	0,590	0,531	0,478	0,430	0,387	0,348	0,313
0,8	0,9	0,72	0,576	0,461	0,369	0,298	0,236	0,189	0,152	0,121	0,097
0,7	0,9	0,63	0,441	0,309	0,216	0,151	0,106	0,074	0,052	0,036	0,025
0,6	0,9	0,54	0,324	0,194	0,116	0,070	0,042	0,025	0,015	0,009	0,005
0,5	0,9	0,45	0,225	0,113	0,056	0,028	0,014	0,007	0,003	0,002	0,001
0,4	0,9	0,36	0,144	0,058	0,023	0,009	0,004	0,001	0,001	—	—
0,3	0,9	0,27	0,081	0,024	0,007	0,002	0,001	—	—	—	—
0,2	0,9	0,18	0,036	0,007	0,001	—	—	—	—	—	—
0,1	0,9	0,09	0,009	0,001	—	—	—	—	—	—	—

Verkitteter Rauchglaskeil *B*.

Durchlässigkeitsfaktor D_{gr}	Durchgelassene Lichtmenge $i = R\,D_{gr}^d \cdot D_w^{h-d}$ ($h = 10$ *mm*), bei den Dicken des Rauchglases d in Millimetern										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,9	0,855	0,774	0,699	0,633	0,570	0,513	0,469	0,422	0,380	0,344	0,313
0,8	0,855	0,688	0,553	0,445	0,358	0,290	0,231	0,186	0,149	0,121	0,097
0,7	0,855	0,602	0,423	0,298	0,210	0,147	0,104	0,073	0,051	0,036	0,025
0,6	0,855	0,516	0,311	0,187	0,113	0,068	0,041	0,025	0,015	0,009	0,005
0,5	0,855	0,430	0,216	0,108	0,054	0,027	0,014	0,007	0,003	0,002	0,001
0,4	0,855	0,344	0,138	0,055	0,022	0,009	0,004	0,001	0,001	—	—
0,3	0,855	0,258	0,078	0,023	0,007	0,002	0,001	—	—	—	—
0,2	0,855	0,172	0,034	0,007	0,001	—	—	—	—	—	—
0,1	0,855	0,090	0,008	0,001	—	—	—	—	—	—	—

[1]) *Diese Zeitschr.* **32.** *S. 56. 1912.*

Zwei einfache Rauchglaskeile *AA*.

Durchlässigkeitsfaktor D_{gr}	Durchgelassene Lichtmenge $i = R^2 D_{gr}^{2d}$, bei einer Dicke d jedes Keiles in Millimetern										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,9	0,81	0,656	0,517	0,423	0,348	0,282	0,228	0,185	0,150	0,133	0,098
0,8	0,81	0,518	0,342	0,213	0,136	0,089	0,056	0,036	0,023	0,015	0,009
0,7	0,81	0,397	0,194	0,095	0,047	0,023	0,010	0,006	0,003	0,001	0,001
0,6	0,81	0,271	0,106	0,038	0,013	0,005	0,002	0,001	—	—	—
0,5	0,81	0,202	0,051	0,013	0,003	0,001	—	—	—	—	—
0,4	0,81	0,130	0,021	0,003	0,001	—	—	—	—	—	—
0,3	0,81	0,073	0,007	0,001	—	—	—	—	—	—	—
0,2	0,81	0,032	0,001	—	—	—	—	—	—	—	—
0,1	0,81	0,001	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bei dieser letzten Tabelle ist angenommen, daß die beiden Keile, wie in Fig. 1 (*AA*) gezeichnet, mit entgegengesetzt gerichteten Keilwinkeln gegeneinander verschiebbar seien. In der Mitte der Strecke, innerhalb welcher sie zusammenliegen, ist die Dicke der beiden Keile die gleiche, nämlich d, nach den beiden Seiten von dieser Mitte ist die Dicke des einen Keiles größer, diejenige des anderen kleiner, die wirksame Gesamtdicke aber immer $= 2\,d$.

Die Tabellen geben einen Anhalt dafür, von welcher Durchlässigkeit das Rauchglas zu wählen ist, um einem bestimmten Zwecke zu genügen; sie zeigen, wenn der Durchlässigkeitsfaktor D_{gr} eines Rauchglases für 1 *mm* Dicke bekannt ist, die Durchlässigkeit bei verschiedenen Dicken und die Schnelligkeit der Abnahme der durchgelassenen Lichtmenge bei zunehmender Dicke, und sie ermöglichen deshalb, die Keillänge bzw. die Keilwinkel so zu wählen, daß die Empfindlichkeit der Keileinstellung dem Versuchszweck entspricht.

Die Zahlen zeigen aber auch selbstverständlich, daß die Durchlässigkeit nicht der Dicke bzw. der Länge des Keiles proportional ist, daß also ein jeder Keil, der mit einer gleichmäßigen Teilung, etwa in Millimetern, versehen ist, für die verschiedenen Punkte seiner Länge geeicht werden, daß seine Durchlässigkeitskurve hergestellt werden muß, es sei denn, was dieselbe Vorarbeit verlangt, daß durch eine entsprechende ungleichmäßige Teilung die Durchlässigkeit unmittelbar abzulesen ist. Von einer Keilkonstante, wie sie bei Anwendung des Keils zur Helligkeitsbestimmung der Gestirne nach Größenklassen in Anwendung kommt, kann also hier nicht die Rede sein.

Man kann nun auf den Gedanken kommen, ob man nicht dem Keile eine solche Gestalt geben kann, daß die durchgelassene Lichtmenge umgekehrt proportional der von der Keilspitze gemessenen Keillänge l wird, so daß an einer gleichmäßigen Teilung, die dann auch mit einem Nonius versehen werden könnte, die durchgelassene Lichtmenge abgelesen werden könnte. Offenbar kann dann die Keildicke d nicht proportional der Keillänge l, der Keilwinkel α also nicht unveränderlich sein. Wenn also eine Oberfläche des Keiles eine Ebene bildet, so muß die andere eine gekrümmte Fläche sein.

Zur Bestimmung der Krümmungskurve dieser Fläche muß also die Forderung erfüllt werden, daß die durchgelassene Lichtmenge an der der Keillänge l entsprechenden Stelle des Keiles umgekehrt proportional dieser Länge sei.

Betrachten wir zunächst den einfachen Rauchglaskeil A. Es sei seine Dicke am Endpunkte der Länge l gleich d, die dort hindurchgelassene Lichtmenge gleich i,

wenn die auf den Keil auffallende der Einheit gleichgesetzt wird, und die an der Spitze des Keils hindurchgelassene Lichtmenge gleich i_0. Dann soll sein

$$i_0 - i = K \cdot l,$$

wobei K eine Konstante ist, die aus den gewählten Abmessungen hervorgeht.

Da an der Spitze des Keils seine Dicke gleich Null ist, so ist $i_0 = R$, so daß also sein soll

$$R - R D_{gr}^{d} = K l,$$

woraus folgt

$$d = \frac{\lg\left(1 - \frac{K}{R} l\right)}{\lg D_{gr}}.$$

Dieses ist die Gleichung der Krümmungskurve der zweiten Keilfläche; die Ordinate d erscheint darin als eine logarithmische Funktion der Abszisse l. Da D auf 1 *mm* bezogen ist, wird man d und l auch in Millimetern ausdrücken. Soll an der gleichmäßigen Teilung der Unterschied in der durchgelassenen Lichtmenge i von 0,1 den Raum von 10 *mm* einnehmen, so wird die Konstante $K = 0{,}01$.

Soll bei dem Doppelkeil AA dieselbe Bedingung erfüllt sein, so muß sein

$$R^2 - R^2 D_{gr}^{2d} = K l,$$

woraus sich ergibt

$$d = \frac{\lg\left(1 - \frac{K}{R^2} l\right)}{2 \lg D_{gr}},$$

und für den verkitteten Keil B würde man, um die gleiche Wirkung zu erreichen, setzen müssen

$$R D_w^h - R D_{gr}^d D_w^{h-d} = K l,$$

so daß

$$d = \frac{\lg\left(D_w^h - \frac{K}{R} l\right) - h \lg D_w}{\lg D_{gr} - \lg D_w}$$

wird.

Um ein Bild von dem Verlauf dieser Kurven zu geben, sind in der folgenden Tabelle die Dicken angegeben, welche ein einfacher Rauchglaskeil A haben müßte, damit er von der auffallenden Lichtmenge 0,9, 0,8 ... 0,1 hindurchläßt.

Einfacher Rauchglaskeil A.

Durchlässigkeisfaktor D_{gr}	Notwendige Dicke $d = \frac{\lg\left(1 - \frac{K}{R} l\right)}{\lg D_{gr}}$ in Millimetern für eine Durchlässigkeit $i = R D_{gr}^d$								
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
0,9	0	1,12	2,38	3,85	5,58	7,70	10,43	14,27	20,86
0,8	0	0,53	1,13	1,82	2,63	3,63	4,92	6,74	9,85
0,7	0	0,33	0,70	1,14	1,65	2,27	3,08	4,22	6,16
0,6	0	0,23	0,49	0,79	1,15	1,59	2,15	2,94	4,30
0,5	0	0,17	0,36	0,58	0,88	1,17	1,58	2,17	3,17
0,4	0	0,13	0,27	0,44	0,64	0,88	1,20	1,64	2,40
0,3	0	0,10	0,21	0,33	0,49	0,67	0,91	1,25	1,82
0,2	0	0,07	0,16	0,25	0,37	0,50	0,68	0,93	1.37
0,1	0	0,05	0,11	0.18	0,26	0,35	0,48	0,65	0,95

Wählt man die Längen zwischen jeder dieser Stellen zu 10 *mm*, so ergibt sich die in Fig. 2 dargestellte Keilform, es ist also ein Keil mit gleichmäßig abnehmender Durchlässigkeit.

Man sieht, daß sich hier die Richtung des Krümmungsradius, also der Keilwinkel, naturgemäß fortwährend ändert, so daß also bei einem solchen einfachen Keil die auffallenden Strahlen von Punkt zu Punkt eine andere Ablenkung erfahren würden. Deshalb würde es zu empfehlen sein, einen verkitteten Keil anzuwenden, welcher in seiner ganzen Länge als planparallele Platte wirkt. Der Verlauf der Krümmungskurve eines solchen verkitteten Keiles ist derjenigen des einfachen Keiles sehr ähnlich. Bei einem Doppelkeil ist sie entsprechend flacher. Es ist wohl kaum erforderlich, die entsprechenden Zahlen dafür hier ausführlich anzugeben.

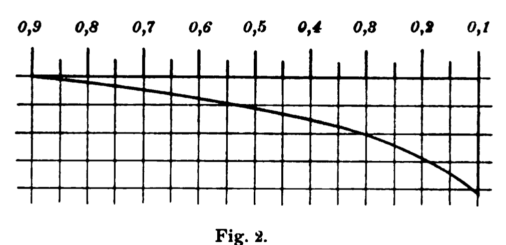


Fig. 2.

Anstatt an der gleichmäßigen Teilung die durchgelassene Lichtmenge i abzulesen, ist es vielfach bequemer, gleich deren reziproken Wert $\frac{1}{i}$ der gleichmäßigen Teilung zu entnehmen, das ist diejenige Zahl, mit welcher das Ergebnis einer mit dem Keil vorgenommenen photometrischen Messung multipliziert werden muß, um die Lichtstärke der gemessenen Lichtquelle zu erhalten.

Soll diese Forderung erfüllt werden, so muß demgemäß sein

$$\frac{1}{i} - \frac{1}{i_0} = K\,l.$$

Für den einfachen Rauchglaskeil A ergibt sich daraus die Bedingungsgleichung

$$\frac{1}{R\,D_{gr}^{d}} - \frac{1}{R} = K\,l,$$

woraus folgt

$$d = -\frac{\lg(1 + R\,K\,l)}{\lg D_{gr}}.$$

Für den Doppelkeil $A\,A$ muß werden

$$\frac{1}{R^2\,D_{gr}^{2d}} - \frac{1}{R^2} = K\,l$$

und

$$d = -\frac{\lg(1 + R^2\,K\,l)}{2\lg D_{gr}}.$$

Für den verkitteten Keil B wäre zu setzen

$$\frac{1}{R\,D_{gr}^{d}\,D_{w}^{h-d}} - \frac{1}{R\,D_{w}^{h}} = K\,l,$$

woraus folgt

$$d = -\frac{h\lg D_w + \lg\left\{\frac{1}{D_w^h} + R\,K\,l\right\}}{\lg D_{gr} - \lg D_w}.$$

Die umstehende Tabelle gibt die betreffenden Zahlen für den einfachen Rauchglaskeil A und Fig. 3 die Form eines solchen *Keiles mit gleichmäßig wachsendem Schwächungsfaktor*.

Auch hier würde man nicht den einfachen Keil A, sondern einen verkitteten Keil B benutzen müssen, um die Wirkung des veränderlichen Keilwinkels auf die

Ablenkung der Strahlen zu vermeiden. Seine Form ist ähnlich wie die des einfachen Keiles. Ebenso ist die Form, welche den Doppelkeilen *A A* zu geben wäre, entsprechend.

Einfacher Rauchglaskeil *A*.

Durchlässigkeitsfaktor D_{gr}	Notwendige Dicke $d = -\frac{\lg(1+RKl)}{\lg D_{gr}}$ für den Schwächungsfaktor $\frac{1}{i} = \frac{1}{R D_{gr}^d}$								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,9	5,58	9,43	12,16	14,27	15,97	17,47	18,74	19,85	20,86
0,8	2,63	4,45	5,74	6,74	7,56	8,25	8,85	9,37	9,85
0,7	1,65	2,78	3,59	4,22	4,73	5,10	5,54	5,87	6,16
0,6	1,15	1,94	2,51	2,94	3,30	3,60	3,86	4,09	4,30
0,5	0,85	1,43	1,85	2,17	2,43	2,65	2,85	3,02	3,17
0,4	0,66	1,11	1,43	1,68	1,88	2,06	2,21	2,34	2,43
0,3	0,49	0,82	1,06	1,25	1,40	1,53	1,64	1,73	1,80
0,2	0,37	0,62	0,80	0,93	1,05	1,15	1,23	1,30	1,35
0,1	0,26	0,43	0,56	0,65	0,73	0,80	0,86	0,41	0,95

Aber man wird sich wohl kaum an die Herstellung solcher Keile heranwagen. Dieselbe ist außerordentlich schwierig, wenn sie wirklich genau und zweckentsprechend sein soll.

Ich habe deshalb einen anderen Gedanken verfolgt, der es möglich macht, auch bei Keilen mit ebenen Flächen die Lichtdurchlässigkeit und den Schwächungsfaktor unmittelbar abzulesen.

Es sei in Fig. 4 *A B C D* der Keil, durch welchen in der Richtung senkrecht zur Zeichenebene hindurchgesehen wird, *A B* sei die Spitze des Keiles. Mit der Basis *C D* sei senkrecht zur Bewegungsrichtung des Keiles ein fester Stab *D E* verbunden, dessen linke

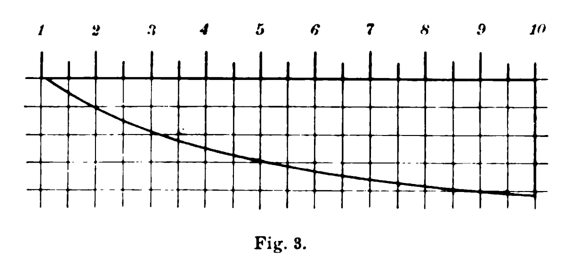


Fig. 3.

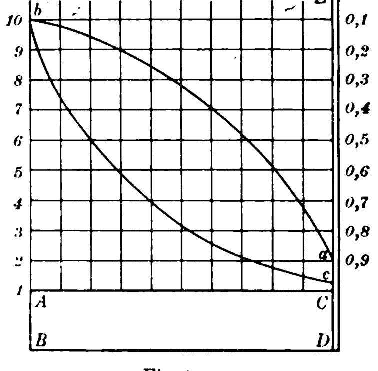


Fig. 4.

Kante scharf ist. Bringt man nun unmittelbar hinter dem Stab parallel mit der Ebene *A B C D* des Keiles ein Koordinatenpapier an und zeichnet auf dieses die Kurve für gleichmäßige Durchlässigkeit (*a b*) oder diejenige für gleichmäßige Schwächung (*c b*), so kann man offenbar beim Fortbewegen des Keiles mit dem senkrechten Stab nach links an dem jeweiligen Schnittpunkt des Stabes mit den Kurven die entsprechenden Werte ablesen. Die in Fig. 4 gezeichneten Kurven sind den beiden vorstehenden Tabellen entnommen, und zwar für den Durchlässigkeitsfaktor $D_{gr} = 0,9$, wobei angenommen wurde, daß die Dicke des Keils sich zu seiner Länge wie 1 : 10 verhält.

Man kann diesen Gedanken noch weiter verfolgen und ausgestalten. Auf dem solchem Zwecke entsprechend gestalteten Stabe *D E* bewege sich ein Läufer, der so leicht auf ihm geht, daß er bei senkrechter Stellung von selbst herabgleitet. Die Kurve *a b* bzw. *c b* sei aus festem Material hergestellt und diene als Gleitbahn für den Läufer, welcher sich mit einem Ansatz auf diese Bahn stützt. Dann wird offenbar beim Bewegen des Keiles der Läufer auf dem Stabe auf und nieder gehen und würde durch einen auf ihm angebrachten Index oder Nonius an einer gleichmäßigen, auf dem Stabe befindlichen Teilung, etwa einer Millimeterteilung, unmittelbar die Werte der Durchlässigkeit oder des Schwächungsfaktors abzulesen gestatten.

Daß diese nur schematisch angedeutete Vorrichtung ebenso wie für den einfachen Keil auch für den Doppelkeil oder den verkitteten Keil eingerichtet werden kann, ist selbstverständlich. Auch ist es vielleicht konstruktiv empfehlenswerter, die Gleitkurven mit dem Keil zu bewegen, wogegen dann der Maßstab mit seinem Läufer feststehen würde.

Referate.

Über objektive Photometrie.

Von W. E. Pauli und R. Pauli. *Ann. d. Phys.* **41.** *S. 812. 1913.*

Sowohl vom wissenschaftlichen wie fast noch mehr vom praktischen Standpunkte ist das Bedürfnis nach einer objektiven Photometrie erklärlich, nach einem Ersatz der subjektiven Sinneseindrücke bei Messung von Lichtquellen durch ein objektives physikalisches Verfahren.

Nun herrscht darüber allerseits vollkommene Klarheit, daß infolge der Definition der Lichtstärke als Stärke des Reizes der menschlichen Netzhaut irgendwelche physikalische oder chemische Wirkungen des Lichtes nicht kommensurabel zur Lichtstärke sind. Man hat aber vielfach versucht, auf einem Umwege das Ziel zu erreichen. Dabei war hauptsächlich das Augenmerk darauf zu richten, daß das Verhältnis zwischen mechanischer Energie des Lichtes und Stärke des Lichtreizes, wenn man es überhaupt mit Sicherheit feststellen kann, für Strahlungen verschiedener Wellenlängen ein sehr verschiedenes ist. Langley hat bekanntlich versucht festzustellen, welche Energiemengen von Strahlungen verschiedener Wellenlängen erforderlich sind, um den gleichen Helligkeitseindruck hervorzubringen. Die Verf. weisen nach, daß diese Langleysche Energiekurve nicht richtig ist, da sie auf der Grundlage gleicher Sehschärfe gewonnen ist, Sehschärfe und Lichtstärke aber nicht dasselbe sei. Während sich bei Langley für die beiden Wellenlängen 660 $\mu\mu$ (rot) und 546 $\mu\mu$ (grün) reduziert auf gleiche Energien das Helligkeitsverhältnis 95 : 1 ergab, bestimmten die Verf. nach ihren Versuchen dieses Verhältnis zu 960 : 1.

Die Vorschläge zu einer objektiven Photometrie beruhen alle auf den Langleyschen oder ähnlichen Messungen, wobei man den Umstand, daß die Farbenempfindlichkeit verschiedener Beobachter in den verschiedenen Teilen des sichtbaren Spektrums durchaus nicht dieselbe ist, zu überwinden dachte durch Annahme einer mittleren oder durchschnittlichen Farbenempfindlichkeit (Strache). Die Verf. weisen nun aber nach, daß eine praktisch durchführbare objektive Photometrie überhaupt unmöglich ist, da gleich hellerscheinenden Lichtquellen keine gleichen Energiemengen zu entsprechen brauchen, indem ihre Zusammensetzung nach Wellenlängen eine verschiedene sein kann.

Bei den photometrischen Versuchen mußte wegen des störenden simultanen Farbenkontrastes ein unmittelbares Aneinandergrenzen der beiden miteinander zu vergleichenden Felder vermieden werden. Es wurde ein Ritchiesches Photometer benutzt, bei welchem die beiden Felder durch einen undurchsichtigen Streifen voneinander getrennt waren. Selbst-

verständlich litt dadurch die Genauigkeit der Einstellung, so daß innerhalb einer Versuchsreihe Unterschiede bis zu 15 Prozent auftraten. Es wurden zu den Vergleichen zwei Nernstbrenner benutzt. Zur Herstellung von möglichst reinem Weiß wurde ein schwaches Blauglas, für Rot ein Glasfilter mit einer Maximaldurchlässigkeit bei 660 $\mu\mu$, als Grünfilter ein solches angewandt, welches bei Verwendung von Quecksilberlicht nur Strahlen von 546 $\mu\mu$ hindurchließ. Nach Herstellung von Helligkeitsgleichheit, die durch Verschiebung der einen Lichtquelle bewirkt wurde, stellten die Verf. auf dem Punkt der Photometerteilung, wo sich der Photometerschirm befunden hatte, ein Lummer-Kurlbaumsches Flächenbolometer auf und bestimmten durch dasselbe die vorhandene Energie. Es wurde sowohl unmittelbar Rot mit Grün, als auch zur Kontrolle Rot mit Weiß und Weiß mit Grün verglichen. Das Ergebnis dieser von den beiden Beobachtern ausgeführten Messungen war das bereits oben angegebene, daß das Auge für Grün 960 mal empfindlicher ist als für Rot.

Als ausschlaggebend für den Nachweis, daß eine objektive Photometrie nicht möglich ist, sehen die Verf. das Ergebnis ihrer Versuche mit gemischtem Licht an. Das reine Grün (546 $\mu\mu$) wurde mit unreinem Grün photometrisch ganz gleich gemacht: Qualität, Intensität und Sättigung waren auf beiden Photometerfeldern ganz gleich. Der Wert der physikalischen Energie des gemischten Grüns stieg aber auf das 3,5 fache, weil sich im Gemisch Strahlen von geringem Helligkeitswert, aber großer Energie befanden (rote Strahlen). Es kann also derselbe Helligkeitseindruck je nach der Zusammensetzung der Strahlung durch verschieden große Mengen an Energie hervorgerufen werden.

Interessant sind noch die Vergleiche zwischen dem Sehen mit Zapfen (Helladaption), mit Stäbchen (Dunkeladaption), sowie beim vollkommen zentralen Sehen bei einem Felde von nur 2 *mm* Durchmesser, wo fast ausschließlich die fehlende Absorption des Sehpurpurs den Ausschlag gibt. Die Verf. fanden das Verhältnis Grün/Rot bei Helladaption zu 28,5, bei Dunkeladaption zu 48,4 (Überwiegen des Grün = Lummers Stäbchenweiß) und bei zentralem Sehen 17,4. Das Verhältnis der Zahl für zentrales Sehen zu derjenigen für Dunkeladaption stimmt mit dem aus A. Königs Versuchen über den Absorptionskoeffizienten des Sehpurpurs für die betreffenden Wellenlängen zu berechnenden Verhältnis 1 : 3 gut überein.

Auf eine Verwechselung der beiden Beobachter in der Tabelle auf S. 622 unten sei nur hingewiesen; das Ergebnis wird dadurch nicht beeinflußt. *H. Krüss.*

Über eine einfache Methode zur absoluten Messung von ultravioletter und sichtbarer Strahlung.

Von Ch. Winter. *Zeitschr. f. Elektrochem.* ***19.*** *S. 389. 1913.*

Da die üblichen Filter außer dem betreffenden Wellenlängenbereich auch noch etwas Ultrarot durchlassen, geben Messungen der durchgelassenen Strahlung mit der Thermosäule zu große Werte. Als Energiemesser, welcher ausschließlich diejenigen Strahlen mißt, für welche das Filter als Monochromator wirkt, wird die Fluoreszenz benutzt. Ein hierfür geeignetes Instrument, das Fluorometer, besteht aus einem Blechkasten A (s. Fig. 1, welche einen Horizontalschnitt darstellt), in welchem eine 16 kerzige Osramlampe von 16 Volt brennt; bb stellt die Fadenschleife dar. Die Lampe muß in der Höhe und seitlich genau eingestellt werden, ferner muß ihre Spannung konstant gehalten und ihre Lichtstärke kontrolliert werden, da eine Änderung um 1 HK bereits einen Fehler von 17 Prozent bewirkt. Die Strahlung der Lampe fällt durch die Diaphragmen 1, 2, 3 mit senkrechten Öffnungen von 1,10 *qmm* auf die aus Glasplatten zusammengekittete Küvette D, die bis zu einer bestimmten Marke mit der fluoreszierenden Flüssigkeit gefüllt wird. So entsteht ein von rechts nach links an Intensität abnehmender Fluoreszenzstreifen. Das Licht der links befindlichen zu untersuchenden Lichtquelle fällt durch die Diaphragmen 4 und 5 von derselben Öffnung durch eine Bergkristallwand in die Küvette und erzeugt einen von links nach rechts schwächer werdenden Fluoreszenzstreifen, der von dem anderen durch einen dunklen Zwischenraum getrennt ist. Der Kasten C wird durch einen Deckel geschlossen, welcher auf zwei Führungsschienen gg (s. Fig. 2) einen Schlitten h trägt, der als Halter für eine Lupe i dient. Diese wird auf die

Stelle gleicher Helligkeit der beiden Fluoreszenzstreifen eingestellt und ihre Stellung mit Hilfe von Zeiger und Skala abgelesen. Der maximale Einstellfehler beträgt 15 bis 20 Prozent. Fallen zwei Lichtmengen i und I derselben Wellenlänge auf das Diaphragma 5, so ist

$$\log (i/I) = (m + m_n) \cdot (d_2 - d_1),$$

wo m der Extinktionskoeffizient für die betreffende Wellenlänge, m_n der für die Osramlampe und d_1 und d_2 die beiden Einstellungen, von der Einfallswand aus gerechnet, sind.

Als fluoreszierende Flüssigkeiten werden empfohlen:

1. für 600 bis 460 $\mu\mu$: Rhodamin *B*, 0,004 *g* pro *l*.
2. für 520 bis 254 $\mu\mu$: 0,01 *g* Uranin + 2,50 *g* Normal-Natronlauge pro *l*.
3. für Ultraviolett bis 260 $\mu\mu$: Chininsulfat, 0,1 *g* + 4 *ccm* Normal-Schwefelsäure pro *l*.

Der Extinktionskoeffizient wurde mit Hilfe von Quarz-Quecksilberlampe, Quarzspektrograph, Elster und Geitelscher Kaliumzelle und Quadrant-Elektrometer bestimmt. Durch Messung der Energie mit Hilfe einer Thermosäule wurde die absolute Energie E_0 (für die Entfernung d = 0) in *erg/qmm. sec.* gemessen und gefunden, daß für die beiden ersten fluoreszierenden Lösungen der Fluoreszenzfaktor unabhängig von der Wellenlänge oder mit andern Worten, daß der Nutzeffekt der Fluoreszenz unabhängig von der Wellenlänge ist.

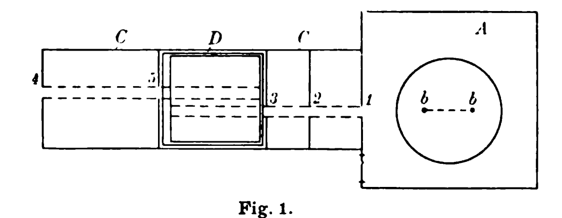


Fig. 1.

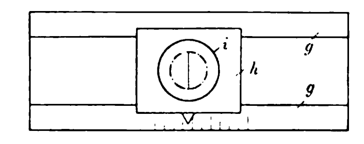


Fig. 2.

Der Meßbereich des Fluorometers wurde durch Erniedrigung der Lampenspannung bedeutend erweitert. Es ergab sich, daß für jedes Volt (von 16 Volt ab) log E_0 um 0,17 zu verkleinern war.

Als geeignete Filter werden die folgenden empfohlen:

1. Blaufilter für 436 $\mu\mu$: 0,0075 *g* Rhodamin *B* + 2 *g* Chininsulfat + 6 *ccm* Normal-Schwefelsäure.

2. Violettfilter für 405 $\mu\mu$: 0,03 *g* Diamantfuchsin I (grobe Kristalle) + 4 *g* Chininhydrochlorid.

3. Ultraviolettfilter für 366 $\mu\mu$: 0,03 *g* Diamantfuchsin.

4. Ultraviolett für 331 $\mu\mu$: 0,0243 *g* Kaliumchromat + 0,00188 *g* Nitrosodimethylanilin.

Die Angaben beziehen sich für 1., 3. und 4. auf 100 *ccm* wäßrige, für 2. auf 100 *ccm* alkoholische Lösung. Die Filter lassen etwa 30 bis 38 Prozent der betreffenden Linie, außerdem noch etwas Rot, und 3. auch noch etwas Gelb und Grün durch.

Das Fluorometer eignet sich auch zur Messung der Energieverteilung in dem Spektrum einer Lichtquelle, falls die Wellenlängen genau definiert sind, oder man eine Lösung verwendet, deren Extinktionskoeffizient für das zu untersuchende Spektralgebiet mit der Wellenlänge nur wenig variiert; ferner zur Messung der Absorption und der Reaktionsgeschwindigkeit.

Das Instrument wird von der Aktieselskabet Dansk Telegrafonfabrik in Kopenhagen gebaut. *Berndt.*

Sektoren-Verschlüsse.

Von C. F. Lan-Davis. *Proc. of the Optical Convention, 2. S. 24. 1912.*

Unter den Voraussetzungen, daß alle Sektorenblättchen gleiche Form besitzen, sich mit scharfen Kanten berühren (also nicht übereinandergreifen), und daß bei geöffnetem Verschluß die volle Objektivöffnung freigegeben wird, ergibt sich, daß bei 2 Blättchen der Radius *R* des

Verschlußkopfes gleich dem doppelten Objektivradius (r) sein muß. Falls die Zahl n der Sektoren größer als 2 ist, wird dieser Zusammenhang durch die folgende Formel dargestellt:

$$R = r \cdot \left(\sqrt{3} \cdot \sin \frac{\pi}{n} + \cos \frac{\pi}{n} \right).$$

R nimmt also mit wachsender Blättchenzahl nur wenig ab. Die Formel ist unabhängig davon, ob die Drehachsen der einzelnen Sektoren am Rande des Objektives oder am äußeren Rande des Verschlußkopfes sitzen; doch beträgt der Drehwinkel der Sektoren von der Verschlußstellung bis zur völlig freien Öffnung im ersten Falle 30°, im zweiten Falle jedoch nur 23°. Diese letztere Anordnung ist also praktisch vorzuziehen.

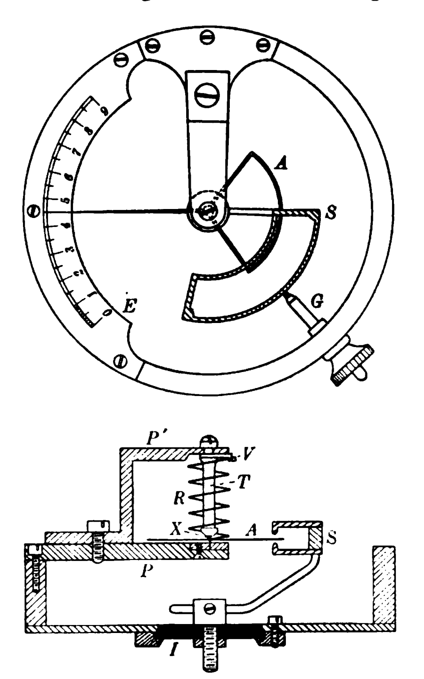
Die Iris-Verschlüsse (8 und mehr Sektoren) scheinen keinen Vorteil gegenüber Verschlüssen aus wenigen Sektoren zu haben, da wegen des notwendigen Übereinandergreifens der einzelnen Blättchen R größer sein muß, als sich aus der obigen Formel berechnet, und sogar $R > 2r$ wird. Weiterhin werden die Randpartien der Linse wenig ausgenutzt, da sie nur während einer kurzen Zeit der Exposition freigegeben werden. Bei einem Verschluß aus 2 Sektoren liegen aber die Randpartien während der größten Zeit der Expositionsdauer frei; man kann also weit kürzere Expositionszeiten wählen. Außerdem gilt für 2 Sektoren die Beziehung $R = 2r$. Da nun die Maße der U-förmigen Objektivträger und damit des Verschlußkopfes durch andere Bedingungen meist vorgeschrieben sind, so könnte man bei Verwendung nur zweier Sektoren Objektive größerer Öffnung verwenden als bei dem Gebrauch von vielen Blättchen.

Die Diskussion bewegte sich hauptsächlich über die Unterschiede von Schlitz- und Sektoren-Verschlüssen. *Berndt.*

Ein Drehspul-Elektrometer.

Von B. Szilard. *Compt. rend.* ***156.*** *S. 779. 1913.*

Aus Metallband von 0,5 *mm* Breite und 0,03 *mm* Dicke wird eine Nadel A geformt (s. Fig.), deren einer Flügel von einem Kreissektor und deren anderer Teil von einer Nadel zur Ablesung auf der Skala E gebildet wird; ihr Gewicht beträgt nur 9 *mg*. Sie wird an der kurzen Achse X von 0,08 *mm* Durchmesser befestigt, die zwischen zwei Rubinen gelagert ist; ihr Spiel übersteigt nicht 0,01 *mm*. Die Nadel bewegt sich zum Teil innerhalb des durch Bernstein isolierten Quadranten S, welcher durch die Sonde G geladen wird, während die Nadel sich auf dem Potential des Gehäuses befindet. S besteht aus zwei Paaren konzentrischer Kreissektoren; diese Form ist gewählt, um die radial wirkenden Zugkräfte auf die Achse aufzuheben. Die Richtkraft wird von der an der Achse X und an dem Ring V befestigten Spirale R geliefert, die den Unruhfedern der Taschenuhren ähnlich ist; sie ist 0,01 *mm* dick, 0,15 *mm* breit und wiegt 6 *mg*; durch geeignete Form der letzten Windung kann man es erreichen, daß bei der Drehung Zentrum und Schwerpunkt von R immer in der Achse bleiben. Das Instrument ist in ein völlig geschlossenes Gehäuse eingebaut.



Die Skala ist im allgemeinen von 250—1000 Volt geteilt; 1 *Skt* entspricht 5 Volt; mit dem Mikroskop kann man noch 0,05 Volt ablesen. Man kann starke Vergrößerung anwenden da man sich der ungeladenen Nadel beliebig weit nähern kann. Durch Änderung der Federspannung vermittelst Drehung von V kann man die Empfindlichkeit etwas variieren. Die mittlere Kapazität beträgt 2 *cm*.

Das Instrument leidet durch Transport, Erschütterungen oder Berühren der Nadel mit der Hand nicht. In bezug auf seine Handhabung, Bequemlichkeit der Ablesung und solide Konstruktion ist es den gewöhnlichen Voltmetern zu vergleichen.

Bei einem andern Modell kann die Nadel geladen werden, um eine Art Kompensations-Methode verwenden oder die Empfindlichkeit steigern zu können. *Berndt.*

Bücherbesprechungen.

W. A. Roth und **F. Eisenlohr**, Refraktometrisches Hilfsbuch. VIII, 146 S. m. 27 Fig., 17 Tabellen, sowie Logarithmen. Leipzig, Veit & Comp. 1911. 6 M.

Die Anzeige dieses Buches hat sich infolge widriger Zufälle leider beträchtlich verzögert. Das kleine Buch will den organischen Chemiker die Handhabung derjenigen einfacheren Apparate lehren, welche bei spektrochemischen Arbeiten im sichtbaren Lichte heutzutage am häufigsten benutzt werden, und ihm die Berechnung der Zahlenwerte, wie z. B. der Molekularrefraktionen und -dispersionen, möglichst erleichtern. Nach zwei Kapiteln über die Ursache der Dispersion und die Prinzipien der Refraktometrie, wie streifenden Eintritt und Totalreflexion, werden auf *S. 16* bis *47* und *56* bis *62* das kleine und große Refraktometer nach Pulfrich, sowie das Heelesche Refraktometer beschrieben. Wie sich schon aus den angeführten Seitenzahlen ergibt, ist diese Darstellung eine überaus eingehende. Die Instrumente werden bis ins kleinste beschrieben und alle möglichen Hinweise zur Vermeidung von Fehlern beim Untersuchen mit den Apparaten gegeben. So wird z. B. die Theorie der Teilkreis-Nonien genau erörtert und bemerkt, daß die Lupe zur Ablesung des Teilkreises erst in ihrer Fassung auf größte Bildschärfe eingestellt werden müsse. Man beachte indessen: das Büchelchen befindet sich hauptsächlich in den Händen von organischen Chemikern, und die Verfasser müssen aus ihrer Universitäts-Praxis am besten wissen, welche Schnitzer in dieser Hinsicht zuweilen von Anfängern verbrochen werden.

Auf den dazwischen liegenden Seiten *48* bis *55* werden die Differenzrefraktometer und einige andere Refraktometer verhältnismäßig kurz besprochen. Es dürfte sich sehr empfehlen, in einer neuen Auflage auch dem Abbeschen Refraktometer eine eingehende Beschreibung zuteil werden zu lassen, weil dann das Buch noch für weitere Kreise recht brauchbar werden würde. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes, dessen Kenntnis zur Berechnung der Molekularrefraktion erforderlich ist, wird auf *S. 62* bis *76* wieder sehr vollständig behandelt, worauf *S. 77* bis *102* erläutert wird, wie man die Molekularrefraktionen und -dispersionen zur Bestimmung der Zusammensetzung und Konstitution organischer Flüssigkeiten benutzen kann, und welche Genauigkeit in den Resultaten dabei anzustreben ist. Viele vollständige Zahlenbeispiele erleichtern die Anwendung zur Konstitutionsbestimmung. Die folgenden übrigen Seiten *103* bis *144* nehmen acht umfangreiche Tabellen ein, welche im Verein mit neun anderen im Text verteilten Tabellen die Berechnung der Refraktionskonstanten aus den beobachteten Daten und die Ableitung der theoretischen Werte der Molekularrefraktionen aus den Atomrefraktionen sehr erleichtern. Mit Hilfe des Sachregisters und der auf den Textrand gedruckten Stichworte sind alle Einzelheiten schnell auffindbar. In einer Tasche am Einbande sind dem Buche noch die gewöhnlichen fünfstelligen Logarithmentafeln (27 S.) beigegeben. Zweifellos wird das vorliegende Buch mit dazu beitragen, die so überaus einfache spektrochemische Methode der Konstitutionsbestimmung weiter einzubürgern.

Einige Ungenauigkeiten sind dem Referenten bei der Lektüre aufgefallen. In Fig. 4 sollten die Lichtstrahlen beim Eintritt in die Flüssigkeit und beim Austritt gebrochen gezeichnet werden; ähnlich in Fig. 18, wo die Strahlen zwar unten gebrochen, dagegen oben nicht gebrochen gezeichnet sind; in dieser Fig. ist übrigens der rechte Strahl unten im Glase unrichtig gebrochen gezeichnet. *S. 31* oben muß es $\frac{1}{2}$—1′ heißen. Als Ursache dafür, daß die direkten Differenzmessungen genauer sind als die sich aus den einzelnen

Brechungsexponenten ergebenden Differenzen, wird auf *S. 51* angegeben, daß die Prismen ein wenig verschiedene Brechungsindizes besitzen können; diese Begründung ist aber allgemein nicht zutreffend, da man ja die beiden Brechungsexponenten mit Hilfe ein und desselben Prismas ermitteln kann. Im Sachregister ist gleich die erste Seitenangabe unrichtig, denn das Abbe-Refraktometer wird nur *S. 48* erwähnt. *Schck.*

Zuschrift an die Redaktion.

Die Analogie von Quarz und Invar in bezug auf ihre thermischen Eigenschaften und damit auf ihr Verwendungsgebiet mußte naturgemäß ähnlich dem Invarpendel zur Aus führung eines Quarzpendels Veranlassung geben. Der erste mir bekannte Versuch in dieser Richtung ist derjenige, welchen Hr. Bigourdan im Laufe vergangenen Jahres dem Bureau des Longitudes vorschlug und seither durchführte. Die interessante Notiz, die Hr. Schanzer in *dieser Zeitschr.* **33.** *S. 277. 1913* dem Pendel von Satori gewidmet hat, zeigt, daß das Quarzpendel an Verbreitung gewinnt; was jedoch die Gegenüberstellung dieses Pendels und des oft angegriffenen Invarpendels betrifft, bedürfen die Bemerkungen des Hrn. Schanzer einiger Ergänzungen und Richtigstellungen.

Die Wärmeausdehnung des Quarzes ist in der Tat etwa viermal kleiner als die des *gewöhnlichen* Invars; andererseits ist es möglich, bei einiger Sorgfalt einen Nickelstahl herzustellen, dessen Ausdehnung sich innerhalb $\pm 0{,}1 \cdot 10^{-6}$ hält. Diese Legierung ist nicht etwa ein Zufallsprodukt, vielmehr haben die *Aciéries d'Imphy* kilometerlange Drähte hergestellt, deren Ausdehnung innerhalb der angegebenen Grenzen liegt.

Obwohl es keine Schwierigkeiten bieten würde, Pendelstangen aus dem gleichen Material herzustellen, so möchte ich doch ausdrücklich darauf hinweisen, daß dies nicht zweckmäßig ist. Würde man nämlich eine thermisch unempfindliche Pendelstange im lufterfüllten, nicht eingeschlossenen Raum schwingen lassen, so würde es mit Rücksicht auf die Änderungen der Luftdichte nötig werden, der Pendellinse eine Gegenkompensation zu geben, d. h., sie oberhalb ihres Mittelpunktes auszuschneiden. Diese Schwierigkeit hat nach einigen Versuchen dazu geführt, als günstigstes Material für Pendelstangen Invar mit $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ (oder ein wenig mehr) Ausdehnung beizubehalten, also vollständig auf thermisch unempfindliches Material zu verzichten.

Invar zeigt allerdings zeitliche Längenänderungen; das ist ein Fehler, der seine Verwendung für Längennormale erster Ordnung für immer ausschließt; für Pendelstangen hingegen kommt dieser Nachteil kaum in Betracht.

Eine geeignete thermische Behandlung, die, auf eine größere Zahl von Pendelstangen gleichzeitig angewendet, ihren Herstellungspreis nicht sehr erhöht, reduziert die jährlichen Längenänderungen nach einiger Zeit auf die Größenordnung $^{1}/_{1000000}$, und in späteren Jahren auf einen noch viel kleineren Betrag. Selbst unter wiederholten Zugspannungen von 50- bis 100-facher Größe derjenigen, denen eine Pendelstange ausgesetzt ist, haben Invar-Meßdrähte keine der von Herrn Schanzer erwähnten ruckweisen Verlängerungen gezeigt, die für Präzisionsuhren in der Tat außerordentlich nachteilig wären. Ja noch mehr, solche Drähte sind im aufgerollten Zustande Tausende von Kilometern transportiert worden und haben nach dem Abrollen und Ausspannen für Basismessungen in weitaus den meisten Fällen ihre absolute Länge bis auf mindestens $^{1}/_{1000000}$ bewahrt. Diese weniger bekannten Tatsachen wären geeignet, den Ruf des Invars zu rehabilitieren, wenn nicht schon die schönen Untersuchungen des leider heimgegangenen S. Riefler zur Genüge gezeigt hätten, daß die Befürchtungen in bezug auf die Verwendung von Nickelstahl-Legierungen ganz gegenstandslos sind.

Pavillon de Breteuil, Sèvres, im September 1913.

Ch.-Éd. Guillaume.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied,
Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. **F. Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

XXXIII. Jahrgang. **Dezember 1913.** Zwölftes Heft.

Silbervoltametrische Messungen.

(Nach gemeinsam mit R. Feustel angestellten Versuchen.)

Von

H. v. Steinwehr.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

(Fortsetzung von S. 330.)

II. Neue Versuche der Reichsanstalt.

Bei der letzten Untersuchung der Reichsanstalt[1]) im Jahre 1908 über das Silber-Voltameter waren zwei Serien von Normalelementen zugrunde gelegt worden. Die erste Serie bestand aus fünf Kadmium-Elementen mit gesättigter Lösung, deren E.M.K. bereits im Jahre 1898[2]) bestimmt worden war. Die zweite Serie umfaßte acht Elemente, ebenfalls mit gesättigter Lösung, welche die ersten waren, die unter Benutzung des nach dem neuen Verfahren der Reichsanstalt dargestellten Mercurosulfats hergestellt waren. Diese Elemente zeigten zu jener Zeit eine gute Übereinstimmung mit den Elementen des *NPL* und des *BS*, ließen aber aus einem später ermittelten Grunde mit der Zeit in der E.M.K. nach. Nachdem diese letzte dem Mercurosulfate anhaftende Unsicherheit, welche diese Störung veranlaßte, beseitigt war, wurden im Dezember 1909 65 neue Elemente mit fünf verschiedenen Mercurosulfat-Präparaten hergestellt, die unter sich eine sehr gute Übereinstimmung zeigten. Dieser Stamm von neuen Elementen, dessen Mittelwert, wie die Vergleichung dieser Elemente mit den Elementen des *BS* und des *NPL* ergab, mit dem Mittelwerte der Elemente aller drei Institute genau übereinstimmte, soll in Zukunft die Spannungseinheit der Reichsanstalt darstellen. Durch die im folgenden beschriebenen Messungen sowie durch die in der Einleitung erwähnten internationalen Versuche ist der Wert dieses neuen Elementenstammes festgelegt worden.

Neben dieser Hauptaufgabe sollten bei dieser Gelegenheit noch zwei Fragen, nämlich einerseits der Einfluß reduzierender Verunreinigungen auf das Gewicht des Silberniederschlages und andererseits der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit der Platinkathoden — ob glatt oder rauh —, einer Prüfung unterzogen werden.

Die Arbeit wurde, da bei der im Jahre 1908 veröffentlichten Untersuchung über das Silber-Voltameter die Konstanthaltung der Temperatur in dem Arbeitsraum viele Mühe verursachte und trotzdem nur in beschränktem, und für die Messung der Elemente ungenügendem Maße, zu erzielen war, in einem im Souterrain der ersten Abteilung der Reichsanstalt gelegenen, von Zimmern und Korridoren allseitig umgebenen Raume ausgeführt. In diesem Raume, der von einer einen Meter starken Mauer umschlossen

[1]) Jaeger u. v. Steinwehr, *diese Zeitschr.* **28.** *S. 327 u. 353. 1908.*

[2]) Kahle, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 275. 1898.*

ist und nicht geheizt wird, schwankt die Temperatur im Laufe des Jahres kaum um mehr als zwei Grad. In der Zeit, welche jedenfalls die größten Temperaturschwankungen aufweist, da während derselben kein Ausgleich durch die Heizung der umgebenden Räume geschaffen wird, nämlich in den Monaten April bis einschließlich Juli, wurden nur Temperaturen gemessen, die zwischen 18,3° und 20,3° lagen. Noch wichtiger als die Kleinheit der beobachteten Schwankungen ist die große Langsamkeit, mit der diese Änderungen vor sich gehen, was besonders für die in dem gleichen Raume untergebrachten Elemente, die an das Silber-Voltameter angeschlossen wurden, von Wichtigkeit ist.

Die Arbeit wurde in der Weise ausgeführt, daß alle Messungen während eines Versuchs von beiden Beobachtern gemeinsam ausgeführt wurden, während für die Behandlung der Tiegel, des Silberniederschlages sowie der Wägungen die vier bei der Untersuchung benutzten Tiegel in zwei Gruppen geteilt waren, von denen jeder Beobachter je eine ganz unabhängig vom anderen bearbeitete.

Die Wagen. Als Wagen dienten außer der schon in der früheren Veröffentlichung der Reichsanstalt beschriebenen Stückrathschen Wage noch die von Landolt bei seinen Untersuchungen über die Konstanz der Masse bei chemischen Umsetzungen benutzte Rueprechtsche Wage, die beide gleichfalls in dem oben erwähnten Raume für konstante Temperatur aufgestellt waren. Die letztere Wage war der Reichsanstalt von der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften für die silbervoltametrischen Messungen in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt worden. Sie war für Ablesung aus der Ferne (ca. 4 *m*) mit Spiegel und Skala sowie Vertauschung der Gewichte und Objekte ebenfalls aus der Ferne eingerichtet. Die Empfindlichkeit dieser Wage war nahe die gleiche wie die der Stückrathschen Wage und betrug etwa 45 *mm* Ausschlag pro 1 *mg* Belastung.

Die Gewichte. Um die Korrektion für den Luftauftrieb der Platintiegel zu vermeiden, wurde für jeden Tiegel eine Tara zusammengestellt, die teils aus Platinstücken, teils aus Gewichtsstücken eines Satzes aus Platin-Iridium bestand, der von der Kais. Normal-Eichungs-Kommission bereits für die im Jahre 1908 ausgeführten Voltametermessungen zur Verfügung gestellt worden war.

Zur Wägung der ersten Gruppe von Niederschlägen, die auf der Rueprechtschen Wage vorgenommen wurde, diente ein von Herrn Giese der Reichsanstalt letztwillig hinterlassener Gewichtssatz. Die Silberniederschläge, die immer etwas mehr als 4 *g* (höchstens 0,15 *g* mehr) betrugen, wurden durch Auflegen von einem 2 *g*-Stück und zwei 1 *g*-Stücken aus Kupfer gewogen, während die überschießenden Bruchteile eines Gramms durch Platingewichte ausgeglichen wurden. Das Kupfergewicht war an die beiden 2 *g*-Stücke des erwähnten Platin-Iridiumsatzes angeschlossen, während die Platin-Bruchteile eines Gramms unter sich kalibriert und an ein 1 *g*-Stück aus dem gleichen Platin-Iridiumsatze angeschlossen waren. Die kleinsten bei dieser Serie benutzten Gewichtsstücke betrugen in Ermangelung eines zweiten Satzes von Zehntel-Milligrammen ganze Milligramme, so daß alle dazwischenliegenden Beträge aus den Ausschlägen und der Empfindlichkeit der Wage ermittelt werden mußten. Zur Empfindlichkeitsbestimmung, die bei jeder Wägung vorgenommen wurde, dienten eine Reihe von bis auf $^1/_{1000}$ *mg* abgeglichenen Reitern, welche in halben und ganzen Milligrammen abgestuft waren.

Die Wägung der zweiten Serie von Niederschlägen wurde auf der schon bei der vorigen Silber-Voltameterarbeit benutzten Stückrathschen Wage ausgeführt, mit

welcher in der gleichen Weise und unter Benutzung der gleichen Gewichte wie bei jener Untersuchung gearbeitet wurde. Auch bei diesem Satze wurden die Bruchteile eines Gramms unter sich kalibriert und an ein 1 *g*-Stück des Platin-Iridiumsatzes angeschlossen. Außerdem wurden je ein 100 *mg*-Stück der beiden benutzten Sätze direkt miteinander verglichen. An Stelle des bei der vorigen Arbeit verwendeten Satzes von Zehntel-Milligrammen bediente man sich eines ebensolchen freundlichst von Herrn Prof. Scheel überlassenen Satzes von Zehntel-Milligrammen aus Aluminiumstücken. Der bei der zweiten Serie von Niederschlägen gebrauchte Gewichtssatz war ebenfalls in sich kalibriert. Bei diesen Wägungen wurde das Silbergewicht wie bei der ersten Serie fast ganz durch ein Kupfergewicht von 4 *g* kompensiert, das seinerseits wiederum mit der Summe der beiden 2 *g*-Stücke des Satzes aus Platin-Iridium verglichen war. Hierdurch war eine Verbindung mit dem Kupfergewicht von 4 *g* der ersten Serie von Niederschlägen hergestellt. Zur größeren Sicherheit nahm jedoch jeder der beiden Beobachter noch eine direkte Vergleichung der beiden 4 *g*-Kupfergewichte vor. Diese dreifache Vergleichung ergab nach Reduktion auf den leeren Raum folgende Resultate:

1. indirekte Vergleichung:

	4 *g* Kupfer (erste Serie) — 4 *g* Platin-Iridium	= $0{,}304_5$ *mg*
	4 *g* Kupfer (zweite Serie) — 4 *g* Platin-Iridium	= $0{,}136_0$ *mg*
a)	4 *g* Kupfer (erste Serie) — 4 *g* Kupfer (zweite Serie)	= $0{,}168_5$ *mg*

2. direkte Vergleichung:

b)	4 *g* Kupfer (erste Serie) — 4 *g* Kupfer (zweite Serie)	= + 0,147 *mg*
c)	4 *g* Kupfer (erste Serie) — 4 *g* Kupfer (zweite Serie)	= + 0,152 *mg*
	Mittel aus allen drei Beobachtungen: (a, b, c)	= + 0,156 *mg*.

Da sich das Resultat der Kontrollen in guter Übereinstimmung mit dem Resultate der indirekten Vergleichung befand, so wurden für die Berechnungen der Silbergewichte nur die aus den Anschlüssen an den Platin-Iridiumsatz ermittelten Korrektionen benutzt.

Die Ausführung der Wägungen geschah in der gleichen Weise, wie in der früheren Arbeit[1]) näher beschrieben ist, so daß sich ein näheres Eingehen auf diesen Punkt erübrigt. Die direkt gewonnenen Gewichte für die niedergeschlagenen Silbermengen bedürfen, da sie mit Kupfergewichten und einem kleinen Zusatze an Platingewichten gewogen wurden, noch einer Korrektion für den Luftauftrieb. Diese Korrektion ist für jeden Versuch nach der früher angegebenen Formel[2]) berechnet worden. In der folgenden Tabelle sind diese Korrektionen zusammengestellt:

Nr. des Versuchs	Silbergewicht in *g*	Korrektion in *mg*
1, 4	4,07	0,082
2	4,08	0,082
5	4,09	0,081
15	4,10	0,080
3, 7, 12, 13	4,12	0,079
8, 9, 10, 14, 16	4,13	0,079
11	4,14	0,078
6	4,16	0,077

[1]) *Diese Zeitschr.* **28.** *S. 332 u. f. 1908.*

[2]) l. c. *S. 333.*

Die Korrektionen haben sämtlich negatives Vorzeichen und sind an den in der Schlußtabelle enthaltenen Silbergewichten angebracht.

Die in der früheren Arbeit der Reichsanstalt über die Genauigkeit der Wägungen in betreff der Stückrathschen Wage gemachten Angaben treffen auch für die gleichzeitig benutzte Rueprechtsche Wage zu, so daß hier auf die Ausführungen an jenem Orte verwiesen werden kann. Über die Konstanz der Temperatur während der Wägungen ist noch zu bemerken, daß sich dieselbe im Verlaufe einer etwa eine Viertelstunde dauernden Wägung höchstens um ein Hundertstel Grad im Wagenkasten änderte. Die Temperatur des Wägeraumes selbst war ebenfalls sehr konstant und wies nur, wie bereits erwähnt, langsame Schwankungen innerhalb zweier Grade während der ganzen Dauer der Untersuchung (vom 19. 4. bis 18. 7.) auf.

Das Prinzip der Versuchsanordnung war dasselbe wie bei den Versuchen der Arbeit vom Jahre 1908. Auch diesmal fand während der Dauer eines jeden Versuchs keinerlei Regulierung des Stromes statt, es wurde vielmehr der Verlauf desselben durch Vergleichung mit einem Westonschen Normalelemente mittels des Kompensationsapparats gemessen. Unter Berücksichtigung des Deutschen Gesetzes vom 1. Juni 1898 sowie des Beschlusses der internationalen Konferenz für elektrische Einheiten zu London im Oktober 1908, welche als Wert des Silberäquivalents die Zahl 1,118 bzw. 1,11800 *mg* pro Coulomb vorschreiben, war früher folgende Formel[1]) für das Gewicht (G) des Silberniederschlages in Grammen gegeben worden:

$$G = 1118 \times 10^{-6} \times \frac{E_{40}}{R} \int_0^T \frac{W_r}{W_e} d\vartheta,$$

worin E_{40} die E.M.K. des bei der Messung benutzten ungesättigten Normalelements W_{40}, die von der Temperatur unabhängig ist, R die Größe des Meßwiderstandes, welcher von dem Voltameterstrom durchflossen wird, W_r und W_e die Einstellungen am Kompensationsapparate für die Spannung an den Enden von R, sowie für die E.M.K. des benutzten Normalelements zurzeit ϑ und T die Dauer des Stromschlusses bedeuten. Da bei der vorliegenden Arbeit das während der Voltametermessung benutzte Element nur als Bindeglied zwischen dieser Messung und der Messung von 10 Elementen des Stammes diente, so muß an Stelle der E.M.K. des Vergleichselements E_{40} der Mittelwert E_m der 10 Elemente des Stammes in die Formel eingeführt werden. Bei dem Vergleich dieser Elemente mit dem Elemente W_{40} wurde für das letztere stets die Einstellung 10189,6 am Kompensationsapparat benutzt, so daß, wenn W_m die Einstellung für das Mittel der 10 Elemente bedeutet, wir für den Mittelwert E_m der 10 Elemente die Beziehung erhalten:

$$E_{40} = E_m \frac{10\,189{,}6}{W_m}.$$

Setzen wir diesen Ausdruck für E_{40} in die obige Gleichung ein, so erhalten wir:

$$G = 1118 \times 10^{-6} \times 10189{,}6 \frac{E_m}{W_m \,.\, R} \int_0^T \frac{W_r}{W_e} d\vartheta.$$

Da man wegen der geringfügigen Änderungen der Einstellungen W_r und W_e statt des Integrals die zeitlichen Mittelwerte $[W_r]$ und $[W_e]$ einführen kann, so erhält man für E_m den Ausdruck:

---

[1]) l. c. *S. 336.*

$$E_m = 0{,}0877811 \frac{G\,R}{T} \cdot \frac{W_m\,[W_e]}{[W_r]},$$

womit die in der Tabelle IV enthaltenen elektromotorischen Kräfte berechnet sind.

Aus obiger Formel ersieht man, daß alle bei der Messung auftretenden Größen in gleichem Maße die Genauigkeit des Resultats beeinflussen, daß es also notwendig ist, alle mit der gleichen Genauigkeit zu messen. Wir wollen uns kurz Rechenschaft darüber zu geben versuchen, mit welcher Genauigkeit die hier in Betracht kommenden Größen gemessen werden können.

Die Messung der Elektrizitätsmenge zerfällt in zwei Teile, nämlich erstens die Messung der Stromstärke und zweitens die Messung der Zeitdauer, während welcher der Strom geschlossen ist. Um das Zeitintegral der Stromstärke, die während der Dauer des Versuchs eine nicht innerhalb der wünschenswerten Genauigkeit liegende Konstanz besitzt, zu ermitteln, muß der Mittelwert einer Anzahl über die ganze Dauer des Versuchs ausgeführter Strommessungen gebildet werden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß die Einstellungsgenauigkeit von einem Hunderttausendstel wesentlich durch die Veränderlichkeit des Stromes beeinträchtigt wird, da auf der anderen Seite die Sicherheit der Messung durch die zahlreichen Einstellungen erhöht wird. Für die Messung des Momentanwerts des Stromes ist eine genaue Kenntnis einerseits der Größe des Widerstands, an dessen Enden der Spannungsabfall des zu messenden Stromes gemessen wird, sowie andererseits der Genauigkeit, mit der die am Kompensationsapparat gemachten Einstellungen dem wahren Werte entsprechen, erforderlich. Die Vergleichung der Widerstände mit den Normalbüchsen läßt sich ohne Schwierigkeit genauer als auf ein Hunderttausendstel ausführen, anders steht es allerdings mit Absolutwert in der gesetzlichen Einheit, bei dem infolge der Schwierigkeiten, welche die Realisierung desselben durch die Ohmröhren bietet, ein Hunderttausendstel bekanntlich nicht mehr verbürgt werden kann. Die Zuverlässigkeit der Einstellungen am Kompensationsapparat wird dadurch gewährleistet, daß für die Messung des Elements und der Spannung möglichst nahe gleiche Einstellungen am Kompensationsapparate benutzt werden. Etwaige Abweichungen in den Widerständen des Kompensators können infolgedessen keine Fehler verursachen, die ein Hunderttausendstel erreichen.

Bei der Messung der Versuchsdauer, welche 7200 Sekunden beträgt, würde ein Hunderttausendstel $^7/_{100}$ Sekunden betragen. Da eine Sekunde auf dem Chronographenstreifen etwa 1 *cm* lang ist, so entsprechen $^7/_{100}$ Sekunden auf dem Streifen einer Länge von $^7/_{10}$ *mm*, eine Größe, die sich bei der Schärfe der Marken noch mit Leichtigkeit ermitteln läßt. Die Uhr selbst, welche zur Zeitmessung dient, ist mit noch kleinerem Fehler behaftet.

Der andere Teil der Messung ist durch die Menge des Silberniederschlages und seiner Wägung gegeben. Die Wägung der 4 *g* Silber muß, um eine Genauigkeit von $^1/_{100000}$ zu verbürgen, auf $^4/_{100}$ *mg* ausgeführt werden, was bei den bei diesen Wägungen beobachteten Vorsichtsmaßregeln ohne Schwierigkeit zu erreichen ist. Anders liegt die Sache bei der Menge des Niederschlages selbst. Hier kommen infolge verschiedener Fehlerquellen, wie verloren gegangener Flittern, Unsicherheit des Tiegelgewichts usw., Abweichungen vor, die bei dem einzelnen Niederschlage unter Umständen selbst ein Zehntausendstel erreichen oder gar überschreiten können. Man kann sich gegen diese Fehlerquelle nur dadurch schützen, daß man möglichst viele Niederschläge bei jedem Versuche macht, wobei sich dann die Fehler der einzelnen Bestimmung im allgemeinen wenigstens zum Teil wieder aufheben werden.

Die Zahl der Tiegel hat jedoch infolge der Kostbarkeit der Platintiegel eine Grenze — im vorliegenden Falle standen nur vier Stück zur Verfügung — und man muß daher den Rest der Unsicherheit durch eine möglichst große Zahl der Versuche auszugleichen suchen.

Schaltungseinrichtung. Die Schaltungseinrichtung war die gleiche[1]) wie bei der Arbeit vom Jahre 1908, deren Schema daselbst aus Fig. 1 zu ersehen ist. An Stelle der drei Widerstände R in der Figur waren jedoch nur deren zwei vorhanden. Der Kompensationsapparat war der gleiche Wolffsche Apparat[2]) wie der bei der vorigen Arbeit benutzte. Als Vergleichselement diente das als W_{40} bezeichnete Weston-Element mit ungesättigter Lösung von der Weston-Compagnie. Der Voltameterstrom betrug ca. 0,5 Amp.

Für die *Beschreibung der Versuche* kann im allgemeinen auf die frühere Veröffentlichung[3]) hingewiesen werden. Anstatt einer Batterie von 72 Volt wurde, um eine größere Konstanz des Stromes während der Versuche zu gewährleisten, eine solche von 144 Volt benutzt, die ebenso wie in jenem Falle vor Beginn der Elektrolyse auf einen Ersatzwiderstand geschaltet wurde, wobei zugleich der Strom auf $^1/_2$ Amp. einreguliert wurde. Eine Nachregulierung des Stromes nach Beginn der Elektrolyse wurde, wie bereits erwähnt, nicht vorgenommen, vielmehr der Verlauf der Stromkurve durch Messung am Kompensationsapparate aufgenommen und daraus der Mittelwert des Stromes durch graphische Interpolation ermittelt. Die Dauer eines Versuchs betrug in allen Fällen zwei Stunden. Nach jedem Versuche wurden 10 Elemente des Stammes mit dem während des Versuchs benutzten Normalelemente (W_{40}) verglichen. Eine Regulierung der Temperatur der Widerstands- und Elementenbäder war nicht notwendig, da der Raum, in welchem die Arbeit ausgeführt wurde, infolge seiner günstigen Lage sehr geringen und langsamen Temperaturschwankungen unterworfen war, und im allgemeinen eine für diese Zwecke erwünschte Temperatur von 18 bis 20° C besaß. Trotzdem wurde der Gang der Temperatur während der Dauer jedes Versuchs öfters kontrolliert.

Lösungen. Zur Herstellung der Silbernitratlösungen wurde das von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. bezogene Salz, das in Stangenform gegossen war, benutzt. Die Lösungen, zu denen destilliertes Wasser von Kahlbaum benutzt wurde, hatten einen Gehalt von 20 Prozent $AgNO_3$. Die Bereitung der Lösungen geschah in verschiedener Weise. Für die Versuche 1 bis 8 sowie 11 und 12 der Reihe A, Tabelle IV, *S.* 367, und die Versuche 11 und 12 der Reihe B wurden die Nitratstangen, sowie sie aus der Flasche kamen, in destilliertem Wasser aufgelöst; für die Versuche 9 und 10 der Reihe A sowie für die Versuche 1 bis 10 der Reihe B wurden die Stangen zunächst mit destilliertem Wasser abgespült, um etwa anhaftende organische Verunreinigungen zu entfernen, bevor sie in Wasser aufgelöst wurden. Für die Versuche 13 bis 16 der Reihen A und B wurde das Silbernitrat zu einem feinen Kristallpulver umkristallisiert, und das letztere nach Entfernung der Mutterlauge mit destilliertem Wasser gewaschen, bevor es zur Herstellung der Lösung verwendet wurde. Der Einfluß, den die verschiedenartige Behandlungsweise des Silbernitrats auf die Menge des Niederschlages hat, wird bei der Besprechung der Resultate näher betrachtet werden. Die Lösungen wurden nur einmal benutzt.

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **28.** *S.* 336. *1908.*
[2]) l. c. *S.* 337.
[3]) l. c. *S.* 337.

Die Anoden. Die Anoden bestanden aus 30 *mm* langen zylindrischen Stücken Silberdraht von 9 *mm* Durchmesser, welche axial an ca. 2 *mm* dicken Silberdraht-Zuleitungen befestigt waren. Das Material der Anoden stammte ebenfalls von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt. Da die Elektroden nicht länger benutzt wurden, als bis etwa die Hälfte des Silbers verbraucht war, so fanden keine erheblichen Änderungen der Stromdichte statt. Dieselbe betrug ungefähr wie bei der vorigen Arbeit 0,05 bis 0,07 Amp. pro 2 cm^2.

Die Kathoden. 4 zylindrische Platintiegel, welche den Elektrolyten enthielten, bildeten die Kathoden; von diesen waren zwei mattiert und zwei unmattiert. Dieselben waren unter den beiden Beobachtern so verteilt, daß jeder einen mattierten und einen unmattierten Tiegel benutzte, um feststellen zu können, welchen Einfluß etwa die Mattierung auf die Menge des Silberniederschlages ausüben könnte. Die Kathoden-Stromdichte betrug etwa 0,006 Amp./cm^2. Die folgende Tabelle enthält alle näheren Angaben über diese vier Tiegel.

	Nr.	IV	V	II	VI
des Tiegels	Gewicht in *g*	66,12	54,55	57,30	34,81
	Höhe in *mm*	60	61	55	70
	Durchmesser in *mm*	53	51	50	40
	Inhalt in *ccm*	114	110	95	87
der Füllung etwa	Höhe in *mm*	52	53	47	62
	Volumen in *ccm*	95	93	78	78
	Kathodenfläche *qcm* ca.	87	87	74	78

Die Anordnung der Voltameter war die gleiche, wie sie von F. Kohlrausch angegeben worden ist und auch zum Teil bei der Veröffentlichung der Reichsanstalt im Jahre 1908[1]) benutzt wurde. Es befand sich unter den Elektroden ein an Glasarmen, die auf dem Rande des Platintiegels auflagen, aufgehängtes Glasschälchen, das die von der Anode herunterfallenden festen Teilchen aufnehmen sollte. Diese Anordnung scheint die einwandfreieste zu sein und hat sich auch bei der vorliegenden Arbeit wieder gut bewährt. Von einer Umhüllung der Anode mit Seide, welche in der früheren Arbeit bei den meisten mit Kohlrauschschen Voltametern angestellten Versuchen benutzt worden war, um die Kathode gegen losgelöste feste Anodenteilchen zu schützen, wurde abgesehen. Bei einiger Vorsicht während des Heraushebens der Anode nach dem Versuche läßt es sich leicht vermeiden, daß die Menge des Silberniederschlages durch losgelöste Anodenteilchen gefälscht wird. Zur Beseitigung des Silberniederschlages nach jedem Versuch wurden die Tiegel wie bei den meisten früher beschriebenen Versuchen[2]) mit dem Silberniederschlage eine Weile mit verdünnter, siedender Salpetersäure behandelt, wobei das Silber sehr rasch verschwindet, sodann mit destilliertem Wasser gründlich gewaschen und in der Bunsenflamme bis zur hellen Rotglut erhitzt. Nach dem Abkühlen wurden sie bis zur Wägung im Exsikator aufbewahrt. Bei dieser Behandlungsweise nahmen die Tiegel nach jedem Auflösen um ca. 2 bis 3 Hundertstel *mg* ab. Nur einmal fand eine Zunahme der Gewichte der leeren Tiegel statt, als dieselben nach dem Versuche Nr. 12 fast einen Monat lang mit dem Silberniederschlage gestanden hatten. Tiegel IV zeigte eine Zunahme von 0,9, Tiegel V eine solche von 0,5 *mg*, trotzdem das Silber

[1]) *Diese Zeitschr.* **28.** *S. 339 u. f. 1908.*

[2]) l. c. *S. 354.*

in der gleichen gründlichen Weise wie sonst entfernt worden war. Diese Erscheinung kann nur so gedeutet werden[1]), daß das Silber auch bei Zimmertemperatur schon in merklichem Betrage in das Platin hinein diffundiert und infolgedessen durch Säure nicht so leicht wieder entfernt werden kann.

Die Menge des niedergeschlagenen Silbers betrug bei allen Versuchen sehr nahe 4 *g*. Gegenüber der früheren Arbeit war die Niederschlagsmenge erhöht worden, um den Einfluß von unvermeidlichen Fehlern, welche besonders in dem Verlust von Silberflittern bestehen und von der Menge des Niederschlages unabhängig sind, herabzudrücken.

Die Behandlung des Silberniederschlages und der Tiegel nach Beendigung jeden Versuchs fand in der gleichen Weise statt, wie es in der früheren Arbeit, S. 334, beschrieben ist. Ebenso wurden Anfang und Ende eines Versuchs in gleicher Weise wie früher[2]) mittels eines Chronographen gemessen.

Messungen der Elemente. Nach Schluß jeden Versuchs wurden 10 Elemente aus dem im Dezember neu geschaffenen Elementenstamm von 70 Elementen der *Reichsanstalt* mit dem während des Versuchs zur Kontrolle des Meßstromes benutzten Weston-Element (W_{40}) verglichen. Dieses letztere Element diente also nur als Bindeglied zwischen der Strommessung und der Messung der Elemente. In der folgenden Tabelle I sind nur die Abweichungen vom Mittel dieser 10 Elemente in Hunderttausendsteln angegeben, während in der letzten Kolumne die in internationalen Volt ausgedrückten zeitlichen Mittelwerte dieser Elemente enthalten sind. Diese letzteren sind in der Weise abgeleitet, daß der aus allen einwandfreien Voltameterversuchen gewonnene Mittelwert $1{,}01829_0$ der 10 Elemente zugrunde gelegt ist und daraus die Werte der einzelnen Elemente durch Anbringung ihrer mittleren Abweichung vom Gesamtmittel gebildet sind.

Außer der bei jedem Versuche vorgenommenen Messung von 10 Elementen fand noch im Verlaufe der Arbeit eine fünfmalige Vergleichung sämtlicher Elemente statt, um den Wert des gesamten Elementenstammes festzustellen. Die folgende Tabelle II enthält wiederum neben dem Datum jeder Vergleichung zunächst die Abweichungen der einzelnen Elemente vom Gruppenmittel in Hunderttausendsteln, während in der letzten Kolumne der Mittelwert jeder Gruppe bei jeder Messung, bezogen auf den absoluten Wert der oben erwähnten 10 Elemente, verzeichnet ist. Zur Erläuterung, in welcher Weise diese Gruppenmittel gewonnen sind, dient die folgende Tabelle III, in welcher die Resultate der fünf Vergleichungen in folgender Weise gruppiert sind. Für die in der Horizontalreihe unter E_m aufgeführten 10 Elemente ($x\,m_1''$, D_5, D_{12}, $y\,m_1''$, E_2, E_9, $z\,m_1''$, F_2, $\beta\,m_1''$, H_6) ist der direkt aus den Versuchen ermittelte Wert eingesetzt. Die fünf oberen Horizontalreihen enthalten von den fünf Elementengruppen *D*, *E*, *F*, *G* und *H* alle, bis auf die mit nach Washington mitgenommenen, Elemente, für die eine besondere Reihe unterhalb der 10 Grundelemente reserviert ist. Die Werte in diesen 6 Reihen sind aus den Abweichungen der Gruppenmittel von dem Mittel der 10 Grundelemente bei jeder der fünf Messungsreihen berechnet. Während aber in der Tabelle II alle Elemente einer Gruppe, die gemessen wurden, zur Bildung des Gruppenmittels dienten, sind in der Tabelle III nur die in der dritten Kolumne aufgeführten zur Mittelbildung benutzt worden. Daher rührt der gelegentlich auftretende Unterschied von 1 bis 2 Millionsteln in den Werten *E.M.K.* In der letzten Horizontalreihe der Tabelle III ist das Mittel sämtlicher Elemente des

[1]) Vgl. auch l. c. *S. 353.*

[2]) l. c. *S. 357 u. f.*

Stammes ohne Rücksicht auf die Gruppen, bezogen auf den Wert der 10 Grundelemente, berechnet worden.

Bestimmung des Meßwiderstandes R. Als Meßwiderstand dienten bei sämtlichen Versuchen die beiden 1 Ohm-Büchsen Nr. 2205 und 3752 von O. Wolff, deren Widerstand zwischen den Potentialklemmen vor Beginn und nach Schluß der Arbeit gemessen wurde. Die entsprechenden Werte für 18° enthält die folgende Tabelle.

Nr. des Widerstandes	vorher April 1910	nachher Juni 1910
2205	$1 - 17{,}5 \times 10^{-6}$	$1 - 17{,}8 \times 10^{-6}$
3752	$1 - 34{,}3 \times 10^{-6}$	$1 - 35{,}6 \times 10^{-6}$

Die Werte α und β der Formel für die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur für diese beiden Widerstände enthält die folgende Tabelle.

Nr. des Widerstandes	$\alpha \times 10^6$	$\beta \times 10^6$
2205	+ 8,6	− 0,38
3752	+ 17,5	− 0,49

Da die beiden Büchsen bei den Versuchen hintereinandergeschaltet benutzt wurden, wobei sie durch einen Kupferblock mit zwei Quecksilbernäpfen verbunden waren, so kommt zu dem Widerstande der Büchsen noch das Stück der Zuleitungsbügel von den Potentialklemmen bis zu den Näpfen und der Kupferblock selbst hinzu. Der Widerstand dieser beiden Bügelenden, vermehrt um den des Kupferblocks, wurde ermittelt, indem der gleiche Strom in Serie diese Kombination und eine Büchse von 0,0001 Ohm durchfloß und die Potentialdifferenz an beiden gemessen wurde. Auf diese Weise wurde für die Verbindung der beiden 1 Ohm-Büchsen der Betrag von $1{,}5 \times 10^{-5}$ Ohm gefunden, der dann zu der Summe der beiden Büchsenwerte hinzugefügt wurde.

Mittelwert der Einstellungen $[W_r]$ *und* $[W_e]$. Da während der Dauer des voltametrischen Stromes an demselben keinerlei Regulierung vorgenommen wurde, so mußte deshalb wie in der früheren Arbeit[1]) der Verlauf der Stromkurve durch oft wiederholte Messung der Spannung an R verfolgt werden. Dabei wurde immer die Zeit des Durchganges des Galvanometers durch die Ruhelage bei stetig veränderter Einstellung am Kompensationsapparate beobachtet. Außerdem wurde die Konstanz des Meßstromes durch mehrmalige Einstellung des Normalelements (W_{40}) kontrolliert. Die Abnahme des Voltameterstromes während des etwa zwei Stunden dauernden Versuchs betrug im Durchschnitt etwa 2 Promille. Die infolgedessen notwendige Korrektion an der Stromstärke wurde wie früher[2]) auf graphischem Wege ermittelt.

Berechnung der Resultate. Die Berechnung der Resultate wurde mit Hilfe der oben gegebenen Formel ausgeführt. Die Tabelle Nr. IV, welche die zur Berechnung erforderlichen Daten sowie die Resultate enthält, ist folgendermaßen eingerichtet. Die beiden ersten Kolumnen enthalten die Nummern bzw. das Datum der Versuche. In der dritten Reihe findet sich die Dauer jedes Versuchs in Sekunden bis auf Hundertstel-Sekunden (Überschuß über 7200). Die vierte Kolumne gibt den Wert

[1]) l. c. *S. 360 u. f.*
[2]) l. c. *S. 360.*

von R (Summe der beiden 1 Ohm-Büchsen plus dem Verbindungswiderstand, Überschuß über 2 Ohm) bei der Temperatur, welche dieser Widerstand während des Versuchs besaß. Die drei folgenden Kolumnen geben die Einstellungen am Kompensationsapparat in Ohm, und zwar zunächst die Mittelwerte von W_r und W_e, nämlich die Einstellungen für die Spannung an R, sowie für das Element W_{40}, das gleich $1{,}01896_0$ gesetzt ist, sodann den auf 20° und den Normalwert von W_{40} ($= 1{,}01896_0$) reduzierten Mittelwert der Einstellung W_m für die 10 bei jedem Versuche mitgemessenen Normalelemente. Die folgenden mit den Überschriften A und B versehenen Kolumnen enthalten die Niederschlagsmengen, und zwar in der ersten Kolumne von A das Mittel der in den beiden Tiegeln IV und V erhaltenen Silbermengen, daneben die Abweichungen der beiden Silbergewichte von diesem Mittel in Hunderttausendsteln, unter B die gleichen Angaben für die Tiegel II und VI, während unter $\frac{A+B}{2}$ die Mittel aller 4 Tiegel nebst ihren Abweichungen von diesem Mittelwert verzeichnet sind. In den letzten Kolumnen befinden sich die aus allen Angaben der Tabelle für die Gewichte unter A, B, bzw. $\frac{A+B}{2}$ berechneten Werte der E.M.K. des Mittels (E_m) der 10 während der Versuche direkt mitgemessenen Elemente.

Die unter A und B verzeichneten Abweichungen zweier Tiegel vom Mittel zeigen, daß kein Unterschied zwischen matten und blanken Tiegeln besteht, da in der einen Serie die matten Tiegel einen im Mittel um 1 Hundertstel kleineren, in der anderen um ebensoviel größeren Wert lieferten. Auch die bei jedem Versuche auftretenden direkten Unterschiede zweier zusammengehöriger (einer Serie) Tiegel sind klein und betragen im Mittel etwa 3 Hunderttausendstel.

Über die Zahlen der letzten drei Kolumnen ist folgendes zu bemerken. Die mit gewöhnlichen Ziffern in den Kolumnen 11 und 12 gesetzten Werte der E.M.K. entsprechen Versuchen, bei denen das für die Herstellung der Lösungen benutzte Silbernitrat ohne weitere Vorbehandlung direkt verwendet wurde. Die fett gedruckten Werte sind unter Benutzung solcher Lösungen gewonnen worden, bei denen entweder wie bei Versuch 1 bis 8 der 2. Serie sowie 9 und 10 beider Serien das feste Silbernitrat (in Form gegossener Stangen) zunächst durch Abwaschen mit destilliertem Wasser von allen anhaftenden Verunreinigungen, besonders organischer Natur, befreit worden war, oder wie bei den Versuchen 13 bis 16 beider Serien das Salz vor der Herstellung der Lösungen durch Umkristallisieren gereinigt war. Aus der Übereinstimmung der Resultate dieser letzteren Versuche mit den Resultaten der Versuche, bei denen das Silbernitrat nur durch Abwaschen der gegossenen Stangen von reduzierenden Verunreinigungen befreit worden war, ersieht man, daß schon das primitive Verfahren des Abwaschens vollkommen genügt, um alle störenden Verunreinigungen zu beseitigen. Den vom *BS* gemachten Beobachtungen entsprechend sind die unter Vermeidung von Verunreinigungen gewonnenen Werte etwas niedriger als die anderen, was auch bei dem Mittel der beiden Vertikal-Reihen 11 und 12 zum Ausdruck kommt, indem die Versuche der Serie B einen um $5{,}6 \times 10^{-5}$ kleineren Wert ergeben als die der Serie A. Schließlich enthält Kolumne 13 noch die aus den Serien A und B gebildeten Mittelwerte für den Mittelwert der E.M.K. (E_m) der 10 bei der Untersuchung benutzten Elemente. Zur besseren Übersicht sind die Resultate der Serie A und B und des Mittels beider Serien sowie die dazugehörigen mittleren und wahrscheinlichen Fehler in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Serie der Versuche	E.M.K. Volt. Mittelwert der Elemente.	Hnderttausendstel			
		mittlerer Fehler		wahrscheinlicher Fehler	
		einer Messung	des Resultats	einer Messung	des Resultats
A	$1{,}01835_4$	6,5	1,6	4,4	1,1
B	$1{,}01829_8$	6,5	1,6	4,4	1,1
A + *B*	$1{,}01832_6$	5,8	1,5	3,9	1,0

Schließlich sind noch ohne Rücksicht auf die Serien die Versuche, bei denen die Verunreinigungen vermieden wurden, und die, bei denen das Silbernitrat in ungereinigtem Zustande benutzt wurde, gesondert gemittelt und mit den zugehörigen Fehlern in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden.

Versuche	E.M.K. Volt. Mittelwert der 10 Elemente.	Hunderttausendstel			
		mittlerer Fehler		wahrscheinlicher Fehler	
		einer Messung	des Resultats	einer Messung	des Resultats
1	$1{,}01829_0$	4,1	0,9	2,8	0,6
2	$1{,}01838_6$	6,6	1,9	4,5	1,3

Der unter 1 angeführte Wert, welcher den Mittelwert aller Versuche darstellt, bei denen jede Verunreinigung vermieden wurde, stellt den als richtig anzusehenden Wert dar, während die unter 2 gegebene Zahl der Mittelwert aller übrigen Versuche ist. Der letztere ist in Übereinstimmung mit den sonstigen Erfahrungen um etwa 1 Zehntausendstel höher als der normale Wert. Auch die Fehler sind bei den Versuchen mit Verunreinigungen größer als bei denen ohne Verunreinigungen.

Legen wir an Stelle der 10 Elemente, welche bei dieser Arbeit bestimmt wurden, die 11 Elemente zugrunde, die bei der internationalen Messung in Washington gemessen und mit den Elementen des *NPL* und *BS* verglichen wurden und dem Mittelwert der Elemente dieser Institute genau entsprachen, so können wir den Grad der Übereinstimmung feststellen, der zwischen den Washingtoner Resultaten und den Resultaten der im obigen beschriebenen Versuche besteht. Aus Tabelle III entnehmen wir als Wert dieser eben genannten 11 Elemente die Zahl 1,01830 Volt bei 20° C. Herr Rosa berechnet als Mittelwert der von ihm als richtig angenommenen Versuche für das Normalelement $1{,}01828_6$ Volt, während Herr Jaeger als Mittelwert aller Versuche mit Anschluß derjenigen mit Filtrierpapier und künstlichem Säurezusatz 1,01831 angibt. Beide Auffassungen geben also eine vorzügliche Übereinstimmung mit dem gleichzeitig hier gewonnenen Werte, so daß der international angenommene Wert von 1,0183 Volt durch beide Arbeiten als hinreichend gestützt anzusehen ist. Auch mit den seitens der Reichsanstalt in Washington angestellten Versuchen allein, deren Mittelwert nach Herrn Jaeger 1,01829 beträgt, befindet sich das hiesige Resultat in vorzüglicher Übereinstimmung.

Die Frage nach der Übereinstimmung des in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Wertes für das Westonsche Normalelement mit dem in der Arbeit der Reichsanstalt vom Jahre 1908 gefundenen Werte läßt sich aus dem auf Seite 353 angegebenem Grunde nicht mehr durch eine direkte Vergleichung der bei den Arbeiten gemessenen Elemente beantworten. Man kann jedoch indirekt daraus, daß die damals gemessenen neueren Elemente der Reichsanstalt zu jener Zeit mit den neueren Elementen des *BS* und des *NPL* sehr gut übereinstimmten, und daß dasselbe bei den im

Jahre 1909 hergestellten, der vorliegenden Arbeit zugrunde gelegten Elementen der Fall ist, schließen, daß beide Elementenserien sehr nahe die gleiche E.M.K. hatten. Unter dieser Annahme werden die in beiden Arbeiten gewonnenen Resultate vergleichbar. In der Arbeit vom Jahre 1908 wurde für die damals neuen Elemente als Mittel der Bestimmungen mit dem Tonzellen- und dem Kohlrauschschen Voltameter die Zahl 1,01834 gefunden, während der mit dem Kohlrauschschen Voltameter allein gefundene Wert 1,01829 betrug. Beide Werte, besonders aber der zuletzt genannte, befinden sich also in ausgezeichneter Übereinstimmung mit der sowohl in Washington wie in der vorliegenden Arbeit ermittelten Zahl 1,01830 Volt bei 20°.

Die Valenzladung (F). Es ist hier vielleicht der Ort, um die Aufmerksamkeit auf die zahlenmäßige Festsetzung der Größe F, d. h. der Ladung, mit welcher ein Grammäquivalent eines vollständig dissoziierten Elektrolyten in wäßriger Lösung behaftet ist, zu lenken. Diese Ladung ist nach den Beschlüssen der Deutschen Bunsengesellschaft[1]) zu 96540 Coulomb festgesetzt. Wir wollen prüfen, welche Änderung diese Zahl infolge der neueren Bestimmungen zu erfahren hat. Da alle elektrochemischen Messungen unzweifelhaft die gesetzlichen elektrischen Einheiten und nicht die absoluten Einheiten als Grundlage benutzen, so müssen auch der Berechnung der Größe F die gesetzlichen Einheiten zugrunde gelegt werden. Dies kann auch in Beziehung auf andere Länder unbedenklich geschehen, da der in Deutschland gesetzlich gültige Wert von 1,118 *mg* Silber pro Coulomb für das elektrochemische Äquivalent des Silbers seit dem Jahre 1908 international unter Hinzufügung zweier Nullen am Ende angenommen ist. Als zweite Grundlage zur Berechnung der Größe F ist das Atomgewicht des Silbers erforderlich. Dasselbe ist nach den Festsetzungen der internationalen Atomgewichtskommission vom Jahre 1908 zu 107,88 anzunehmen. Diese Zahl erscheint so sichergestellt, daß in absehbarer Zeit Änderungen kaum an ihr vorgenommen werden dürften. Der Quotient beider Zahlen: $1{,}0788 \times 10^5/1{,}11800 = 96494$, oder abgekürzt 96490 ist die Zahl, welche zur Annahme an Stelle der Zahl 96540 für die Größe F zu empfehlen ist.

Tabelle I.

Abweichungen der einzelnen Elemente vom Mittel der 10 Elemente in 10^{-5}.

Datum	21. 4.	28. 4.	6. 5.	10. 5.	12. 5.	24. 5.	26. 5.	30. 5.	2. 6.	4. 6.	8. 6.	13. 6.	7. 7.	11. 7.	14. 7.	16. 7.	Mittlere Abweichung jedes Elements vom Gesamtmittel	Mittelwert jedes einzelnen Elements
Nr. des Versuchs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	10^{-5}	
$x\,m_1''$	-0_6	-1_1	-1_0	-1_1	-1_0	-1_0	-1_0	-0_9	-0_8	-0_8	-0_8	-1_0	-0_6	-0_6	-0_7	-0_4	-0_8	$1{,}01828_2$
D_5	-0_1	± 0	-0_1	-0_3	± 0	-0_1	-0_3	± 0	-0_1	-0_1	-0_2	-0_2	-0_1	-0_3	-0_3	-0_2	-0_2	828_5
D_{12}	$+0_8$	-0_9	-1_0	-1_2	-1_1	-1_0	-1_1	-0_9	-1_0	-0_8	-0_7	-0_8	-0_5	-0_5	-0_7	-0_4	-0_8	828_2
$y\,m_1''$	-2_2	-0_4	-0_5	-0_6	-0_5	-0_4	-0_5	-0_4	-0_5	-0_4	-0_1	-0_2	-0_2	-0_3	-0_3	-0_2	-0_5	828_5
E_2	-0_8	-0_3	-0_7	-0_6	-0_5	-0_5	-0_5	-0_6	-0_6	-0_6	-0_5	-0_8	-0_6	-0_7	-0_6	-0_5	-0_6	828_4
E_9	-1_2	-0_4	-0_6	-0_6	-0_5	-0_4	-0_5	-0_7	-0_6	-0_7	-0_5	-0_8	-0_6	-0_5	-0_6	-0_7	-0_6	828_4
$z\,m_1''$	-0_2	$+0_1$	$+0_1$	$+0_2$	$+0_1$	$+0_2$	$+0_2$	$+0_1$	$+0_1$	-0_1	$+0_1$	$+0_1$	-0_1	-0_1	± 0	-0_1	$+0_1$	829_1
F_2	$+1_8$	$+1_9$	$+2_0$	$+2_1$	$+2_0$	$+2_0$	$+2_0$	$+2_1$	$+1_9$	$+1_9$	$+2_1$	$+2_1$	$+2_1$	$+2_2$	$+2_0$	$+1_9$	$+2_0$	831_0
$\beta\,m_1''$	$+0_3$	-0_4	$+0_1$	$+0_1$	-0_1	-0_1	± 0	$+0_1$	-0_2	-0_1	-0_2	$+0_1$	-0_3	± 0	$+0_2$	-0_1	± 0	829_0
H_6	$+2_3$	$+1_6$	$+1_4$	$+1_5$	$+1_3$	$+1_5$	$+1_5$	$+1_2$	$+1_4$	$+1_2$	$+1_1$	$+1_2$	$+1_1$	$+1_0$	$+1$[illegible]	$+0_9$	$+1_3$	830_3
																	Mittel	$1{,}01829_0$

[1]) *Zeitschr. f. Elektrochem.* **9.** S. 686 u. 834. 1903.

Tabelle II.

Abweichungen der Elemente vom Mittelwerte jeder Gruppe in Hunderttausendsteln.

Datum der Messung	xm_1''	D_1	D_2	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	—	Mittelwert der Gruppe D
24. 5. 1910	-1_2	—	—	—	-0_4	$+3_4$	-0_7	± 0	$+0_8$	-0_2	-1_0	-1_0	—	$1{,}01828_9$
1. 6. 1910	-1_1	—		—	-0_7	$+3_1$	-0_5	-0_2	$+0_7$	-0_5	-0_5	-1_2	—	1.01829_5
8. 6. 1910	-1_0	—	—	—	-0_4	$+4_0$	-0_5	-0_4	-0_1	-0_3	-0_5	-0_8	—	$1{,}01829_1$
16. 7. 1910	-1_2	$+0_4$	-1_0	$+2_8$	-0_7	$+3_2$	-0_5	-0_2	$+0_2$	-0_8	-1_0	-1_6	—	$1{,}01829_5$
31. 8. 1910	-1_1	-0_1	-0_9	$+2_8$	-1_2	$+3_1$	$+0_5$	$+0_4$	$+0_3$	-1_2	-1_4	-1_4	—	$1{,}01829_5$

Zeitlicher Mittelwert des Mittels der Gruppe D: $1{,}01829_4$

Datum der Messung	ym_1''	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{12}	E_{13}	Mittelwert der Gruppe E
24. 5. 1910	± 0	$+0_9$	± 0	$+1_1$	$+0_3$	-1_0	$+0_7$	-1_0	-0_8	-0_4	—	—	—	$1{,}01828_6$
1. 6. 1910	-0_2	$+1_0$	-0_2	$+1_3$	$+0_4$	-0_4	$+0_8$	-1_1	-1_0	-0_9	—	—	—	$1{,}01828_6$
8. 6. 1910	-0_1	$+1_0$	-0_5	$+1_0$	-0_1	-1_0	$+0_9$	-0_5	-0_3	-0_4	—	—	—	$1{,}01828_6$
16. 7. 1910	$+0_1$	$+0_9$	-0_3	$+1_3$	$+0_2$	-0_9	$+0_8$	-0_4	-0_4	-0_3	-0_3	-0_6	-0_3	$1{,}01828_7$
31. 8. 1910	$+0_2$	$+1_0$	-0_2	$+1_3$	± 0	-0_9	$+0_4$	$+0_2$	-0_6	-0_6	-0_1	-0_6	-0_3	$1{,}01828_7$

Zeitlicher Mittelwert des Mittels der Gruppe E: $1{,}01828_6$

Datum der Messung	zm_1''	zm_2''	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_{10}	F_{11}	F_{12}	Mittelwert der Gruppe F
24. 5. 1910	-1_3	-1_6	$+0_9$	$+0_7$	$+0_4$	$+0_7$	$+0_8$	$+4_2$	—	—	—	-2_9	-1_9	$1\,01830_4$
1. 6. 1910	-1_6	-1_7	$+0_4$	$+0_4$	$+0_4$	$+0_4$	$+1_0$	$+4_3$	—	—	—	-1_5	-1_6	$1{,}01830_1$
8. 6. 1910	-1_9	-2_1	$+0_2$	$+0_1$	$+0_1$	$+0_1$	$+0_6$	$+3_2$	—	—	—	—	—	$1{,}01831_1$
16. 7. 1910	-1_9	-2_1	$+0_4$	$+0_1$	$+0_1$	$+0_3$	$+0_7$	$+2_3$	$+1_0$	$+2_0$	$+1_0$	-1_9	-2_1	$1{,}01831_0$
31. 8. 1910	-2_1	-2_1	$+0_4$	$+0_2$	-0_2	$+0_1$	$+0_7$	$+2_4$	$+1_0$	$+2_6$	$+1_0$	-2_2	-2_2	$1{,}01830_8$

Zeitlicher Mittelwert des Mittels der Gruppe F: $1{,}01830_7$

Datum der Messung	$\alpha m_1''$	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9	G_{10}	G_{11}	G_{12}	Mittelwert der Gruppe G
24. 5. 1910	-1_8	$+0_5$	-0_4	$+0_4$	$+0_3$	$+0_1$	$+0$	-0_5	-0_3	$+0_2$	$+0_1$	$+1_2$	$+0_5$	$1{,}01834_6$
1. 6. 1910	-1_8	$+0_2$	-0_4	± 0	± 0	-0_1	-0_1	-0_2	-0_3	$+0_6$	$+0_5$	$+1_1$	$+0_7$	$1{,}01834_9$
8. 6. 1910	-2_0	$+0_4$	-0_3	$+0_2$	± 0	-0_2	-0_1	$+0_1$	-0_5	$+0_4$	$+0_3$	$+1_0$	$+0_5$	$1{,}01834_8$
16. 7. 1910	-1_8	$+0_1$	-0_3	$+0_3$	$+0_1$	-0_1	-0_1	$+0_1$	-0_3	$+0_1$	$+0_1$	$+1_1$	$+0_6$	$1{,}01835_0$
31. 8. 1910	-1_9	$+0_3$	-0_3	$+0_1$	± 0	-0_3	-0_3	$+0_3$	-0_4	$+0_3$	$+0_2$	$+0_7$	$+0_6$	$1{,}01834_7$

Zeitlicher Mittelwert des Mittels der Gruppe G: $1{,}01834_8$

Datum der Messung	$\beta m_1''$	H_1	H_2	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	—	Mittelwert der Gruppe H
24. 5. 1910	-1_2	—	—	$+0_1$	-0_2	$+0_1$	-0_7	$+0_1$	-0_1	$+2_1$	$+0_1$	-0_5	—	$1{,}01830_2$
1. 6. 1910	-1_1	—	—	-0_1	-0_1	$+0_1$	-0_6	$+0_4$	$+0_2$	-0_6?	$+2_0$	± 0	—	$1{,}01830_7$
8. 6. 1910	-1_2	—	—	-0_1	-0_1	$+0_1$	-0_9	-0_2	-0_3	$+2_0$	$+1_6$	-0_6	—	$1{,}01830_3$
16. 7. 1910	-1_1	-1_2	-0_3	$+0_1$	-0_3	-0_1	-1_0	-0_2	-0_5	$+2_3$	$+2_9$	-0_5	—	$1{,}01830_4$
31. 8. 1910	-0_8	-1_1	± 0	-0_2	-0_1	-0_1	-0_7	-0_2	-0_3	$+2_6$	$+1_9$	-0_5	—	$1{,}01830_2$

Zeitlicher Mittelwert des Mittels der Gruppe H: $1{,}01830_4$

Tabelle III.

Elemente: Gruppe	Zahl	Bezeichnung	Messung 1, 24. 5. 10: bei 20° bezogen auf das Mittel der 10 mit dem Voltameter gemessenen Elemente	Abweichungen vom Mittel in 10^{-5}	Messung 2, 1. 6. 10: bei 20° bezogen auf das Mittel der 10 mit dem Voltameter gemessenen Elemente	Abweichungen vom Mittel in 10^{-5}	Messung 3, 8. 6. 10: bei 20° bezogen auf das Mittel der 10 mit dem Voltameter gemessenen Elemente	Abweichungen vom Mittel in 10^{-5}	Messung 4, 16. 7. 10: bei 20° bezogen auf das Mittel der 10 mit dem Voltameter gemessenen Elemente	Abweichungen vom Mittel in 10^{-5}	Messung 5, 31. 8. 10: bei 20° bezogen auf das Mittel der 10 mit dem Voltameter gemessenen Elemente	Abweichungen vom Mittel in 10^{-5}	Zeitliches Gesamtmittel jeder einzelnen Gruppe	Abweichungen vom Mittel in 10^{-5}
D	9	$x\,m_1''$; D_5 bis D_{12}	$1{,}01828_9$	-1_7	$1{,}01829_5$	-1_3	$1{,}01829_1$	-1_7	$1{,}01829_3$	-1_5	$1{,}01829_4$	-1_3	$1{,}01829_2$	-1_5
E	10	$y\,m_1''$; E_1 bis E_9	828_6	-2_0	828_6	-2_2	828_6	-2_2	828_8	-2_0	828_8	-1_9	$1{,}01828_7$	-2_0
F	10	$z\,m_1''$; $z\,m_2''$; F_1 bis F_6; F_{11} bis F_{12}	830_4	-0_2	830_1	-0_7	831_1[1]	$+0_3$	830_6	-0_2	830_3	-0_4	$1{,}01830_5$	-0_2
G	13	$\alpha\,m_1''$; G_1 bis G_{12}	834_6	$+4_0$	834_9	$+4_1$	834_8	$+4_0$	835_0	$+4_2$	834_7	$+4_0$	$1{,}01834_8$	$+4_1$
H	10	$\beta\,m_1''$; H_4 bis H_{12}	830_3	-0_3	830_7	-0_1	830_3	-0_5	830_5	-0_3	830_3	-0_4	$1{,}01830_4$	-0_3
		Mittel der Gruppen	$1{,}01830_6$		$1{,}01830_8$		$1{,}01830_8$		$1{,}01830_8$		$1{,}01830_7$		$1{,}01830_7$	
E_m Grundelemente	10	Zu den voltametrischen Messungen benutzte Elemente: $x\,m_1''$; D_5; D_{12}; $y\,m_1''$; E_2; E_9; $z\,m_1''$; F_2; $\beta\,m_1''$; H_6	$1{,}01829_0$		$1{,}01829_0$		$1{,}01829_0$		$1{,}01829_0$		$1{,}01829_0$		—	
	11	Deutsche Elemente, die zur Vergleichung in Washington dienten: $D_1\,D_2\,D_4$; $E_{10}E_{12}E_{13}$; $F_7F_8F_{10}$; $H_1\,H_2$	—		—		—		$1{,}01830_2$		$1{,}01830_2$		$1{,}01830_2$	
				Anzahl		Anzahl		Anzahl		Anzahl		Anzahl	Zeitliches Mittel aller Elemente	
		Mittel sämtlicher Elemente	$1{,}01830_8$	52	$1{,}01831_1$	52	$1{,}01831_1$	50	$1{,}01831_0$	63	$1{,}01831_0$	63	$1{,}01831_0$	

[1]) Fehlen die Elemente F_{11} und F_{12}.

Tabelle IV.

1	2	3	4	5	6	7	8		9		10					11		12		13	
		T	R	W_r	W_e	W_m	A		B		$\frac{A+B}{2}$					E_m = Mittelwert der 10 Elemente bei 20° in Int. Volt ber. aus:					
Nr. des Versuchs	Datum 1910	Überschuß über 2 Stunden in Sec.	Überschuß über 2 Ohm in 10^{-5} Ohm	Einstellung am Komp.-App. Überschuß über 10^4 Ω in Ohm			Gewicht des Silberniederschlags in g $\frac{IV+V}{2}$	Diff. matt-blank $\frac{\frac{IV-V}{2}}{2}$ $\times 10^5$	Gewicht des Silberniederschlags in g $\frac{II+VI}{2}$	Diff. matt-blank $\frac{\frac{II-VI}{2}}{2}$ $\times 10^5$	Gewicht des Silberniederschlags in g $\frac{IV+V+II+VI}{4}$	Abweichungen der einzelnen Tiegel vom Mittel in 10^{-5} IV	V	II	VI	A	Abweichung vom Mittel in 10^{-5}	B	Abweichung vom Mittel in 10^{-5}	$\frac{A+B}{2}$	Abweichung vom Mittel in 10^{-5}
1	21.4.	— 0,23	+ 2,6	117,3$_{3}$	189,7$_{6}$	186,2$_{0}$	4,070 91$_{0}$	+ 5,6	4,070 31$_{6}$	+ 1,3	4,070 61$_{3}$	+ 12,9	+ 1,7	— 6,0	— 8,6	1,018 40$_{4}$	+ 5,0	1,018 35$_{6}$	— 4,2	1,018 32$_{9}$	+ 0,3
2	28.4.	— 0,28	— 0,3	146,9$_{7}$	189,7$_{2}$	186,4$_{5}$	4,082 46$_{3}$	—	4,082 27$_{8}$	— 2,3	4,082 37$_{1}$	+ 2,3		— 4,6	± 0	32$_{1}$	— 3,3	27$_{6}$	— 2,2	29$_{7}$	— 2,9
3	6.5.	— 0,29	+ 1,5	248,9$_{4}$	189,7$_{5}$	186,3$_{8}$	4,123 76$_{1}$	+ 4,2	4,123 13$_{7}$	— 0,9	4,123 44$_{9}$	+ 11,8	+ 3,4	— 8,5	— 6,6	39$_{8}$	+ 4,4	24$_{2}$	— 5,6	32$_{0}$	— 0,6
4	10.5.	+ 0,19	+ 0,1	110,4$_{0}$	189,7$_{9}$	186,4$_{7}$	4,067 78$_{9}$	— 0,3	4,067 52$_{7}$	+ 3,1	4,067 65$_{8}$	+ 2,9	+ 3,5	— 0,2	— 6,2	27$_{6}$	— 7,8	21$_{0}$	— 8,8	24$_{3}$	— 8,3
5	12.5.	+ 0,11	+ 1,2	163,0$_{6}$	189,7$_{0}$	186,4$_{6}$	4,089 29$_{6}$	— 1,4	4,088 76$_{1}$	+ 1,3	4,089 02$_{9}$	+ 5,2	+ 7,9	— 5,2	— 7,6	36$_{5}$	+ 1,1	22$_{6}$	— 7,2	29$_{5}$	— 3,1
6	24.5.	— 0,19	+ 0,6	330,7$_{0}$	192,9$_{9}$	186,5$_{2}$	4,155 45$_{3}$	— 0,7	4,154 94$_{3}$	— 0,4	4,155 19$_{8}$	+ 5,4	+ 6,9	— 6,5	— 5,7	42$_{2}$	+ 6,8	29$_{7}$	— 0,1	35$_{9}$	+ 3,3
7	26.5.	— 0,02	+ 1,0	235,0$_{1}$	187,9$_{2}$	186,4$_{2}$	4,118 69$_{0}$	+ 1,7	4,118 63$_{4}$	— 1,3	4,118 66$_{2}$	+ 2,4	— 1,0	— 2,0	+ 0,6	31$_{2}$	— 4,2	29$_{5}$	— 0,3	30$_{5}$	— 2,1
8	30.5.	+ 0,02	+ 0,5	276,7$_{9}$	189,7$_{5}$	186,4$_{5}$	4,134 90$_{8}$	+ 0,6	4,134 71$_{0}$	+ 0,1	4,134 80$_{9}$	+ 3,0	+ 1,8	— 2,2	— 2,6	34$_{4}$	— 1,0	29$_{6}$	— 0,2	32$_{0}$	— 0,6
9	2.6.	— 0,16	+ 1,7	276,7$_{9}$	189,3$_{1}$	186,5$_{1}$	4,134 92$_{4}$	+ 0,1	4,134 91$_{5}$	— 1,9	4,134 91$_{9}$	+ 0,2	± 0	— 2,0	+ 1,8	34$_{2}$	— 1,2	34$_{0}$	+ 4,2	34$_{2}$	+ 1,6
10	4.6.	+ 0,04	+ 1,3	271,5$_{0}$	189,7$_{1}$	186,4$_{8}$	4,132 69$_{1}$	— 2,0	4,132 39$_{8}$	— 3,1	4,132 54$_{5}$	+ 1,5	+ 5,5	— 6,7	— 0,4	31$_{8}$	— 3,9	24$_{5}$	— 5,3	28$_{2}$	— 4,4
11	8.6.	— 0,06	+ 1,2	284,0$_{3}$	189,6$_{7}$	186,4$_{3}$	4,138 23$_{8}$	+ 1,9	4,138 11$_{2}$	+ 1,8	4,138 17$_{5}$	+ 3,5	— 0,4	+ 0,3	— 3,3	42$_{7}$	+ 7,3	39$_{4}$	+ 9,6	41$_{1}$	+ 8,5
12	13.6.	+ 0,20	+ 3,5	228,5$_{3}$	189,7$_{9}$	186,4$_{7}$	4,116 17$_{1}$	— 0,6	4,116 03$_{3}$	+ 1,1	4,116 10$_{2}$	+ 1,1	+ 2,3	— 0,5	— 2,8	50$_{4}$	+ 15,0	46$_{9}$	+ 17,1	48$_{7}$	+ 16,1
13	7.7.	— 0,26	+ 1,5	236,6$_{5}$	189,4$_{3}$	186,4$_{8}$	4,118 70$_{5}$	— 2,4	4,118 52$_{2}$	— 1,3	4,118 61$_{3}$	— 0,1	+ 4,6	— 3,5	— 0,9	34$_{9}$	— 0,5	30$_{4}$	+ 0,6	32$_{5}$	— 0,1
14	11.7.	+ 0,02	+ 1,9	252,4$_{1}$	190,0$_{0}$	186,4$_{7}$	4,125 00$_{0}$	—	4,124 93$_{1}$	— 2,4	4,124 95$_{6}$	—	+ 1,1	— 3,0	+ 1,9	35$_{0}$	— 0,4	33$_{4}$	+ 3,6	34$_{1}$	+ 1,5
15	14.7.	+ 7,11	+ 1,3	173,8$_{2}$	189,8$_{5}$	186,5$_{4}$	4,097 13$_{0}$	— 0,4	4,097 22$_{0}$	— 1,9	4,097 17$_{5}$	— 1,5	— 0,7	— 0,8	+ 3,0	26$_{7}$	— 8,7	29$_{1}$	— 0,7	27$_{9}$	— 4.7
16	16.7.	+ 0,03	+ 1,4	256,0$_{7}$	189,8$_{5}$	186,5$_{0}$	4,126 18$_{9}$	— 0,3	4,126 27$_{8}$	— 1,7	4,126 23$_{3}$	— 1,4	— 0,7	— 0,7	+ 2,8	26$_{8}$	— 8,6	28$_{7}$	— 1,1	27$_{5}$	— 5,1
						Mittel:		+ 0,4 × 10^{-5}		— 0,5 × 10^{-5}						1,018 35$_{4}$		1,018 29$_{3}$		1,018 32$_{6}$	

Spiegel-Elektrodynamometer mit besonders hoher Empfindlichkeit.

Von
A. Palm in Frankfurt a. M.

Das hier beschriebene Instrument ist in einem Fabriklaboratorium[1]) entstanden und dient dazu, kleine Wechselströme, -spannungen und Wechselstromleistungen zu messen und bei sog. Nullmethoden für Wechselstrommessungen das bei Gleichstrommessungen so nützliche Spiegelgalvanometer zu ersetzen. Bei der Konstruktion wurde neben möglichst hoher Empfindlichkeit eine rasche und sichere Einstellung angestrebt. Das Instrument hat sich tatsächlich auch in unruhigen Fabrikationsräumen und unter schwierigen Verhältnissen sehr gut bewährt.

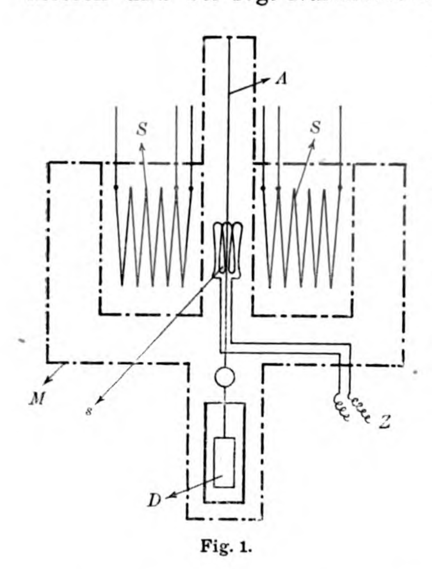


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der elektrischen Anordnung. Zwischen zwei festen Spulen *S* von sehr hoher Windungszahl schwingt die bewegliche Spule *s*, die nur ganz wenige Windungen aufweist. Es sind drei Schaltungsmöglichkeiten vorgesehen:

1. Zum Nachweis und zur Messung sehr kleiner Ströme und Spannungen bzw. ihrer Komponenten. Dabei sind die festen Spulen von einer in ihrer Phase regulierbaren, fremden Stromquelle gespeist.
2. Zur Messung kleiner Leistungen. Die festen Spulen werden je nach der Größe der Spannung mit allen oder mit einem Teil ihrer Windungen an die Spannung gelegt, die bewegliche Spule führt den Meßstrom entweder direkt (sie ist sehr überlastbar), oder sie wird bei hohen Stromstärken an einen induktionsfreien Nebenschluß gelegt.
3. Zur direkten Messung kleiner Ströme oder Spannungen durch Hintereinanderschaltung der festen und beweglichen Spulen, wobei die Windungen der festen Spulen je nach der Art der Meßgröße ganz oder nur teilweise eingeschaltet werden.

Die Schaltung nach 1. war für den Verwendungszweck dieses Instrumentes die wichtigste, und so wurde darauf gesehen, in dieser Schaltung möglichst günstige Werte zu erhalten.

Das bewegliche System. Auf Grund einer eingehenden Berechnung, deren Wiedergabe hier zu viel Raum beanspruchen würde, konnte für das bewegliche System die günstigste Form gefunden werden. Diese Berechnung zeigte, daß unter Voraussetzung bestimmter elektrischer Daten nur ganz bestimmte Abmessungen des beweglichen Systems, insbesondere der beweglichen Spule, für sein Trägheitsmoment ein Minimum ergeben.

Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des beweglichen Systems. Es hängt an einem Platin-Nickelband *A* von nur 7 *cm* Länge, welches nicht als Stromzuführung, sondern lediglich als Potentialverbindung zwischen der Mitte der beweglichen Spule und dem Gehäuse dient. Die bewegliche Spule *s* ist frei in eine Elfen-

[1]) der Firma Hartmann & Braun A.-G.

bein-Traverse hineingewickelt und durch Lack etwas versteift. Sie besteht aus sieben Windungen sehr dünnen Kupferdrahtes. Ihre Enden sind, um durch den engen Zwischenraum der festen Spulen hindurchzukommen, entlang der dünnen Messingachse nach unten geführt. Von hier verbinden zwei Goldbänder G die Spulenenden mit den festen Zuleitungen Z. Es hat sich gezeigt, daß bei richtiger Behandlung und Montage die Goldbänder keinerlei nachteilige Einwirkung auf die Einstellung des Instrumentes haben. (Dies selbstverständlich nur bei einer ziemlich großen Direktionskraft des Aufhängebandes.) Die von den Goldbändern abführenden festen Zuleitungen Z sind möglichst nahe an den Golbändern wieder bis zur Achse zurückgeführt und laufen erst von dort aus nebeneinander weiter und aus dem Gehäuse heraus. Durch diese Maßnahme ist sowohl die Selbstinduktion als auch die Induktion durch fremde Felder in der Goldbandschleife nahezu kompensiert, auch bei den kleinen Verdrehungen des Systems. Weiter unten ist an der durchgehenden Achse noch der Spiegel Sp befestigt und schließlich an ihrem Ende der in einer Flüssigkeit schwingende Dämpferflügel D. Die wichtigsten Daten der beweglichen Spule sind:

Fig. 2.

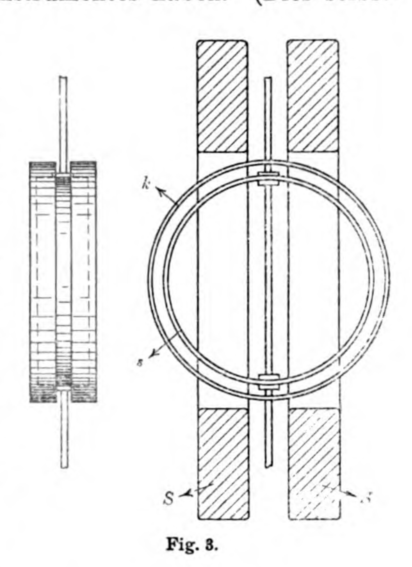


Fig. 3.

Widerstand an den Instrumentklemmen 18 Ohm,
Koeffizient der Selbstinduktion ca. 4×10^{-6} Henry,
Aperiodische Einstellungsdauer ca. 3 Sekunden,
Maximaler Dauerstrom ca. 0,05 Ampere.

Wird der Systemwiderstand durch einen temperaturunabhängigen Vorschaltwiderstand auf 50 Ohm erhöht, was für die meisten Messungen möglich ist, so beträgt bei einem Wechselstrom von 100 Perioden pro Sekunde die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung nur etwa 10 Sekunden.

Bei der Messung hochfrequenter Ströme ist jedoch auch diese geringe Selbstinduktion der beweglichen Spule noch störend. Es wurde daher eine *Kompensationswicklung* eingebaut, die bei solchen Messungen in den Systemstromkreis eingeschaltet werden kann. Sie ist in Fig. 3 skizziert. Möglichst nahe um die bewegliche Spule s herum ist eine feststehende Wicklung k gelegt, die der beweglichen Spule eben noch freie Bewegung gestattet. Sie hat die gleiche Windungszahl wie die bewegliche Spule, und wird in entgegengesetztem Sinne von dem Meßstrom durchflossen. Die Kompensationsspule ist so eingestellt, daß sich im mittleren Ausschlag ihre Fläche mit der der beweglichen Spule möglichst vollkommen deckt. Der Widerstand der Kompensationsspule kann unter 1 Ohm gehalten werden, da es ja nicht auf möglichst geringes Gewicht dieser Spule ankommt.

Das Drehmoment zwischen beweglicher Spule und Kompensationsspule ist gleich Null, wenn sich ihre Achsen decken, und immer nahezu gleich Null, wenn man berücksichtigt, daß sich die Spulenachsen bei einem Spiegelinstrument auch bei extremen

Ausschlägen immer nahezu decken. Dazu kommt noch, daß das Feld der festen Spulen S sehr viel größer ist wie dasjenige der Kompensationswicklung K. Bei Verwendung nach 1. z. B. ist das Feld der festen Erregerspulen ungefähr 30000 mal größer wie das der Kompensationswicklung.

Die *festen Spulen* sind so bemessen, daß sie dauernd mit 30 Milliampere beschickt werden können. Diese Stromstärke wurde gewählt, weil die meisten elektrodynamischen Wattmeter in ihren Spannungsspulen diese Stromstärke als normale führen. Die beiden Teile der festen Spulen bestehen aus je 4000 Windungen Kupferdraht, und lassen sich so nahe zusammenschieben, daß die Achse des beweglichen Systems eben noch frei schwingen kann. Der Widerstand der 8000 Windungen beträgt etwa 800 Ohm, ihre Selbstinduktion etwa 2 Henry.

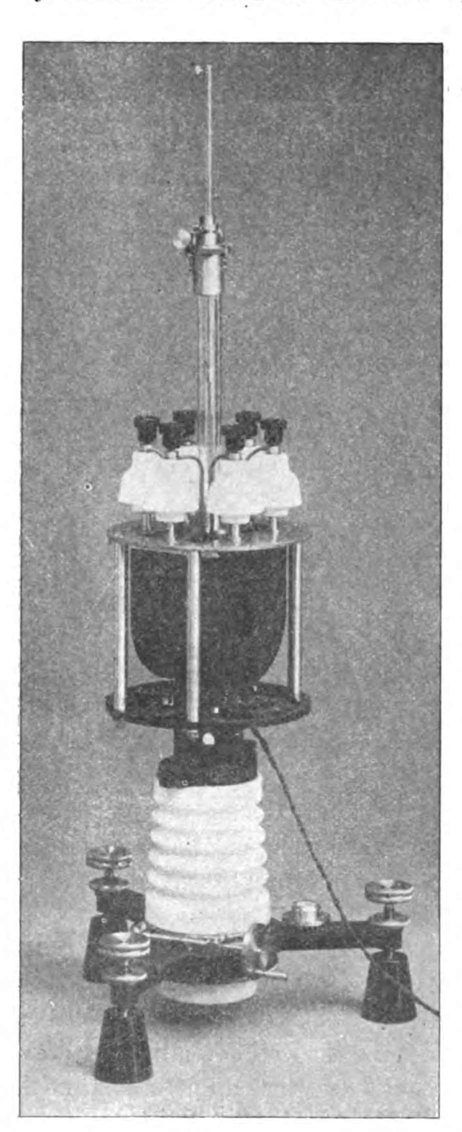


Fig 4.

Für die Schaltung nach 3. wurde ein Teil der Windungen der festen Spule herausgegriffen. Die Berechnung ergab, daß unter Voraussetzung der Daten der bereits festgelegten beweglichen Spule die maximale Spannungsempfindlichkeit nur für eine ganz bestimmte Windungszahl der festen Spule eintritt. So wurden für diese Anordnung 2×36 Windungen aus der festen Spule herausgegriffen, die (hier ohne die Kompensationswicklung) mit der beweglichen Spule in Serie geschaltet werden. Diese insgesamt 72 Windungen haben einen Widerstand von etwa 2 Ohm und eine Selbstinduktion von etwa $2{,}5 \times 10^{-4}$ Henry.

Die beiden Teile der festen Spulen sind je in einem Gehäuse von Isolationsmaterial untergebracht. Sie können wie eine Schublade an Leisten von beiden Seiten an die bewegliche Spule herangeschoben werden (vgl. auch Fig. 4). Diese Spulengehäuse sind durch einen Doppelbelag von Streifen aus Metallfolie gegen elektrische Felder vollständig abgedichtet. Der Metallmantel ist leitend mit dem Instrumentgehäuse verbunden und damit auch, wie schon in Fig. 1 gezeigt, mit der Mitte der beweglichen Spule. Die Bildung von Wirbelströmen ist durch die Anordnung der Metallfolie unterdrückt.

Nach oben sind diese Spulengehäuse offen und münden dort in einer Aussparung in dem oberen Gehäusedeckel. Diese Maßnahme ermöglicht eine kräftige Luftzirkulation und gute Kühlung der festen Spulen, ohne dabei das bewegliche System weder durch Wärme noch durch die bewegte Luft zu beeinflussen. Auch die Zuleitungen zu den festen Spulen sind durch diese Aussparungen geführt. Die in Fig. 4 oben sichtbaren Verbindungsdrähte endigen in Steckern, die von oben in die entsprechenden Hülsen

der festen Spulen hineingesteckt werden können. Dies ermöglicht eine rasche Auswechselung der festen Spulen z. B. gegen solche anderer Windungsverhältnisse.

Es wurden für die verschiedenen Schaltungsarten folgende *Meßempfindlichkeiten* bei ca. 2 *m* Skalenabstand erreicht. Schaltung nach 1. bei einer Stromstärke von 30 Milliampere in den festen Spulen:

1 *mm* Ausschlag = ca. 1×10^{-6} Ampere,
oder 1 „ „ = ca. 20×10^{-6} Volt;

dementsprechend auch bei Schaltung nach 2. bzw. nach 3., quadratischer Skalenverlauf:

voller Ausschlag von ca. 80 *cm* Länge = ca. 0,03 Ampere,
oder „ „ „ ca. 80 *cm* „ = ca. 0,6 Volt.

Es ist selbstverständlich noch eine große Zahl anderer Kombinationen möglich.

Bei der Konstruktion des *Instrumentgehäuses* wurde neben der bereits erwähnten elektrischen Abschirmung besonders darauf geachtet, daß nicht durch Metallmassen n der Nähe der Meßfelder Fehler durch Wirbelstrombildungen entstehen. Da die gänzliche Vermeidung von Metall sehr umständliche und teuere Konstruktionen erfordert, wurden eingehende Untersuchungen über den Einfluß von Metallmassen und ihrer Lage auf die Meßgenauigkeit angestellt. Eine quadratischeKupferplatte von 100 *mm* Seitenlänge und 4 *mm* Dicke wurde in ihrer Mitte durchbohrt und nach diesem Loch senkrecht zu einer Seite ein Sägeschnitt geführt. Diese Platte ist in Fig. 5 in verschiedenen Stellungen zu den festen Spulen S skizziert, deren Kraftlinien durch feine Linien angedeutet sind. Die Plattenmitte befand sich in allen Stellungen in der Horizontalebene durch die Spulenachse; Fig. 5 entspricht etwa einem durch diese Ebene gelegten Schnitt. Es war in Stellung 1 die Beeinflussung sehr stark, in Stellung 2 keinerlei Beeinflussung mehr nachzuweisen; in Stellung 3 und 4 waren noch geringe Beeinflussungen erkennbar, die trotz der Verschiedenheit der Anordnung (3 u. 4) etwa dieselbe Größe hatten.

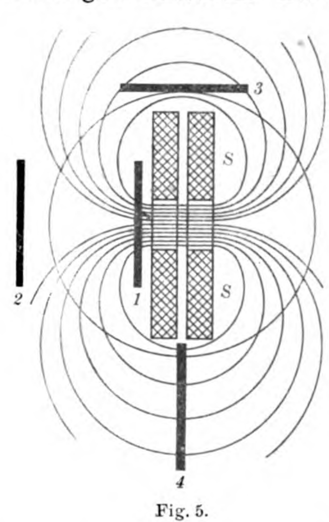
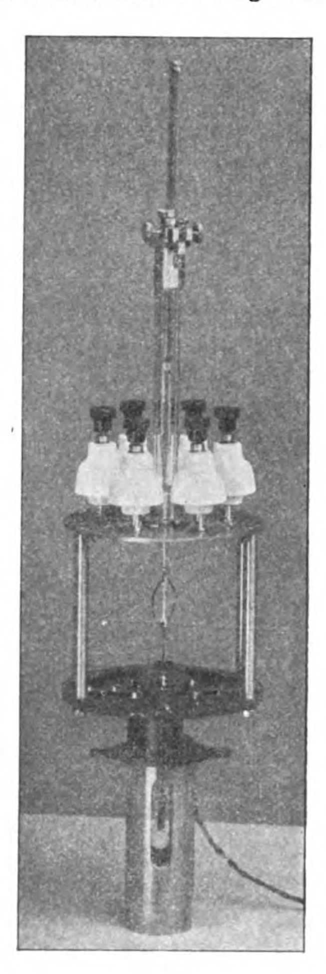


Fig. 5.


Fig. 6.

Auf Grund dieser Untersuchungen wurde für den Gehäuseaufbau Metall verwendet (s. Fig. 6), und es fand sich, daß dies bei richtiger Anordnung und Dimensionierung ohne Nachteil möglich ist.

Die Isolation der beweglichen Spule, die mit dem Gehäuse immer leitend verbunden ist, gegen die festen Spulen und besonders gegen Erde mußte natürlich ganz ausgezeichnet gut sein. Aus diesem Grunde wurden die in Fig. 4 ersichtlichen

Isolatoren verwendet. Oben auf dem Instrument sitzen 6 kleinere Isolatoren für die Enden der festen Spule. Die Verbindung zwischen Instrumentgehäuse und Dreifuß bildet ein Isolator von sehr hohem Widerstand, der im Innern die Dämpfungs-

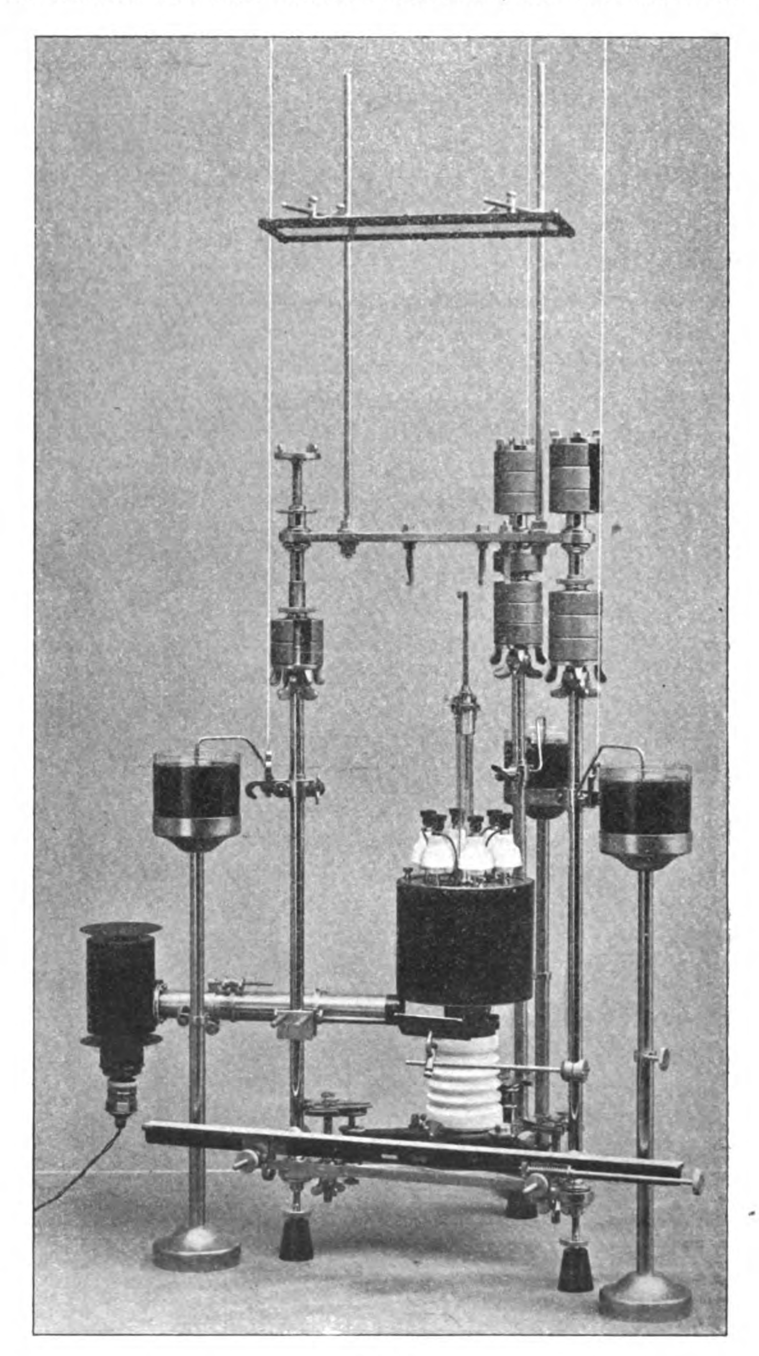


Fig 7.

einrichtung birgt. (Das Gefäß mit der Dämpfungsflüssigkeit kann nach unten herausgezogen werden.) Der Isolator kann in dem Dreifuß durch Schnecke und Spindel beliebig gedreht werden. Das in Fig. 4 herabhängende Kabel führt zum beweglichen System.

Der schwarze Metallmantel (s. Fig. 7) besteht aus Isolationsmaterial mit einer doppelten Einlage von Streifen aus Metallfolie, die einen ganz geschlossenen Metallschirm bilden, der mit den übrigen Gehäuseteilen leitend verbunden ist.

Die Fig. 7 zeigt das Instrument in einer allerdings etwas veralteten, erschütterungsfreien Aufhängung nach Julius. Das Bild ist hier gebracht, um die Ableseeinrichtung darzustellen. Es hat selbstverständlich keinen Zweck, das Instrument erschütterungsfrei aufzustellen, wenn nicht auch die Ablesevorrichtung einigermaßen ruhig steht. Dies war im Fabriklaboratorium nicht möglich; es wurde daher eine Ablesung durch Lichtzeiger eingerichtet, die vor der Fernrohrablesung den großen Vorteil geringen Platzbedarfes hat. Das Licht einer links (wo das Kabel wegführt) befindlichen Nernstlampe fällt durch die dort sichtbare Röhre auf den Spiegel des Instrumentes (vgl. auch Fig. 4), von dort auf einen schräg gestellten Spiegel, der sich zwischen dem Instrumentspiegel und dem Beschauer der Fig. 7 befindet. Von hier wird der Lichtstrahl auf den ganz oben befindlichen Spiegel und von dort auf das wieder ganz unten befindliche Ableselineal geworfen. Am Austritt des Lichtbündels aus der Lampe ist eine feine Zeigerspitze angebracht, die durch ein Linsensystem auf dem vorbeschriebenen Wege auf das Ableselineal projiziert wird.

Das beschriebene Spiegelelektrodynamometer hat sich durch mehrere Jahre regster Benutzung sehr gut bewährt. Es diente zur genauen Untersuchung der verschiedensten Wechselstrom-Meßinstrumente und ganz besonders zur Prüfung von Meßtransformatoren. Die Resultate der letzteren Messungen wurden verschiedentlich mit den von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt am selben Objekt vorgenommenen Messungen verglichen und zeigten immer innerhalb der von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angegebenen Grenzen vollständige Übereinstimmung.

Kräftemesser nach dem Prinzip des Kräfteparallelogramms.

Von

Karl Schmiedel in Charlottenburg.

Die Beziehungen zwischen Einzelkräften, welche durch das Parallelogramm der Kräfte bestimmt werden, sind wohl schon oft zur Messung von Kräften benutzt worden. Soviel mir bekannt ist, hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt als erste das Prinzip für die Messung der Drehmomente von Zählern angewendet. Im folgenden soll nun eine Konstruktion beschrieben werden, welche im Zählerlaboratorium der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft durchgebildet wurde[1]). Sie eignet sich für verschiedene Zwecke und wird vielleicht für manches Laboratorium von Interesse sein.

1. Schematische Anordnung.

Fig. 1 stellt die schematische Anordnung des Apparates dar. Die drei Fäden a, b, c sind in dem Punkte A miteinander verknüpft. Am Faden a greift die zu messende Kraft K an, am Faden c hängt das Gewicht G; der Faden b, welcher die resultierende Reaktion R aufnimmt, kann mit seinem Ende B auf einer Kreisbahn verschoben werden. Bei richtiger Einstellung soll der Punkt A mit dem Mittelpunkte M dieses Kreisbogens zusammenfallen. Wenn K und G rechtwinklig aufeinander stehen, ist $K = G \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha$. Die dick ausgezogenen Linien der Fig. 1 zeigen diese Stellung. Ändert sich nun die

[1]) Die Konstruktionszeichnung wurde von Herrn Völker ausgeführt.

Kraft K in K', so bewegt sich der Punkt A nach A', wenn man dasselbe Gewicht G beibehält. Man verstellt dann B so lange, bis A' mit M zusammenfällt, was dann geschieht, wenn B bis B' gewandert ist. Dann erhält man $K' = G \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha'$. Der in der Fig. 1 eingezeichnete Winkel α'' deckt sich mit α', wenn der Angriffspunkt der Kraft K oder K' so weit von M entfernt ist, daß bei den vorkommenden Verschiebungen der Faden a praktisch horizontal bleibt.

2. Praktische Ausführung.

Fig. 2 zeigt die praktische Ausführung des Apparates. Am Faden a greift die zu messende Kraft K an; am Faden c hängt die Schale d, welche etwa 1 g wiegt; der Faden b ist an dem Teil e mittels einer Klemmvorrichtung befestigt. Diese besteht aus einem festen Teil f und aus einem beweglichen Teil g, welcher durch eine Schraube gegen den festen Teil f gedrückt werden kann. Man kann mit Hilfe dieser Vorrichtung den Faden b verlängern oder verkürzen, so daß der Knotenpunkt A bei radialer Stellung des Fadens b genau mit dem Mittelpunkt M zusammenfällt. Mit der Kordel h ist ein kleines (nicht sichtbares) Trieb verbunden; dreht man die Kordel h, so wälzt sich das Trieb auf dem Zahnkranz i ab und der Teil e bewegt sich auf einer Kreisbahn. Ein nicht sichtbarer Hebel, welcher starr mit dem Teil e verbunden ist, sorgt für zentrische Führung dieses Teiles zum Mittelpunkte M. Der Ablesezeiger k kann durch Schrauben m und Schlitze n richtig eingestellt werden. Um Parallaxe zu vermeiden, ist der Zeiger k als schmaler, flacher Streifen ausgebildet. Der Mittelpunkt M wird durch den Schnittpunkt zweier feiner, in den kleinen Spiegel o eingeätzter Striche festgelegt. Hier wird durch Spiegelung Parallaxe vermieden. Die Skala p ist so geteilt, daß man an ihr die Tangente des Winkels α (Fig. 1) direkt ablesen kann. Ihr Nullpunkt ist ein wenig gegen die Vertikale verschoben, damit der Zeiger k nicht durch den Faden b verdeckt wird. Sie ist zweiseitig ausgebildet, so daß man sowohl links als auch rechts angreifende Kräfte messen kann. Zur richtigen Einstellung der Skala in die horizontale und vertikale Richtung sind in die die Skala tragende Scheibe entsprechende Linien eingerissen.

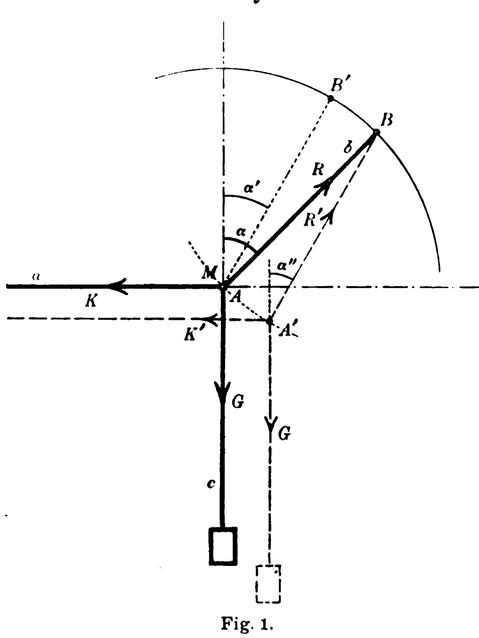


Fig. 1.

3. Einstellung.

Bei der Einstellung geht man folgendermaßen vor. Man stellt den Zeiger k auf den Nullpunkt der Skala ein und dreht dann den ganzen Apparat um einen (nicht sichtbaren) Zapfen so lange, bis die angerissene Linie $C\,D$ genau mit den senkrecht hängenden Fäden b und c zusammenfällt. Dann klemmt man den Apparat mit einer (nicht sichtbaren) Schraube fest. Hat man dafür Sorge getragen, daß die Stange q, auf welcher der Apparat mit der Schraube r festgeklemmt werden kann, senkrecht steht, so kann man mit der Horizontalverstellung s und der Vertikalverstellung t den Faden a richtig einstellen.

4. Bestimmung des Gewichts der Wagschale.

Das Gewicht der Wagschale bestimmt man am besten durch zwei Messungen mit dem Apparat selbst. Man läßt dabei an *a* beide Male dieselbe Kraft K angreifen und legt in die Schale zwei verschiedene Gewichte G_1 und G_2; dann erhält man, wenn X das Gewicht der Wagschale mit den Fäden ist, die beiden Messungen:

1. $K = (X + G_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$
2. $K = (X + G_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha_2$.

Also

$$X = \frac{G_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 - G_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2}.$$

Zahlenbeispiel:

$G_1 = 1{,}0\ g \qquad \operatorname{tg} \alpha_1 = 1{,}10$

$G_2 = 2{,}0\ g \qquad \operatorname{tg} \alpha_2 = 0{,}75$

$$X = \frac{2{,}0 \cdot 0{,}75 - 1{,}0 \cdot 1{,}10}{1{,}10 - 0{,}75} = 1{,}14\ g.$$

5. Eigenschaften und Anwendung.

Hat man einmal das Gewicht der Wagschale bestimmt, so ist keine sonstige Eichung nötig. Man hat nur darauf zu achten, daß der Faden *c* die richtige Länge beibehält. Das Gewicht der Fäden *a* und *b* soll so klein wie möglich sein; Kokonfäden eignen sich am besten dafür. Man kann Kräfte von etwa 0,2 *g* bis über 50 *g* mit einer Genauigkeit von mindestens 1 Prozent messen. Das Instrument eignet sich deshalb für die Eichung von Federwagen, Federdynamometern usw.

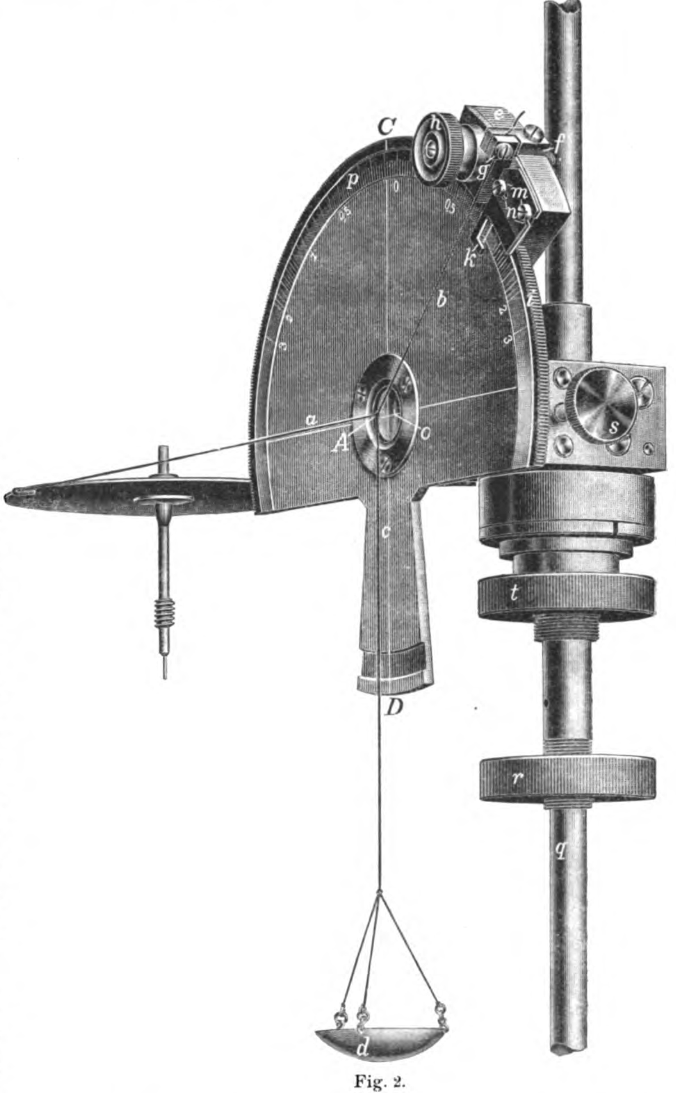


Fig. 2.

Bei Verwendung als Kräftemesser zur Bestimmung des Drehmoments von Zählern hat das Instrument gegenüber den Kräftemessern, welche auf der Messung der Torsion einer Feder beruhen, den Vorzug, daß es sich auch bei großen plötzlichen Änderungen der Kraft K sofort in einen neuen Gleichgewichtszustand einstellt, wie in Fig. 1 durch die gestrichelten Linien angedeutet ist. Es ist dies besonders bei der Messung des Drehmomentes von Amperestundenzählern angenehm, wo die auf der Torsion einer Feder beruhenden Kräftemesser leicht versagen. Der Kräftemesser eignet sich auch vorzüglich für die Messung der Bürsten-Druckkräfte von Zählern, die meist etwa 0,2 bis 0,4 *g* betragen.

Der Apparat kann in der hier beschriebenen Ausführung und in einer zweiten Ausführung ohne die Vorrichtungen zur Feineinstellung von Herrn Ernst Marawske, Berlin C. 54, Linienstr. 124, bezogen werden.

Spannung großer Glaskörper durch das eigene Gewicht.

Von
Dr. **E. Zschimmer** in Jena.
(Mitteilung aus dem Glaswerk Schott & Gen.)

Daß Glasstücke durch ihr eigenes Gewicht in Spannung geraten und starke Doppelbrechung zeigen, konnte ich an einer vorzüglich isotrop gekühlten Fernrohrscheibe nachweisen. Die Scheibe von 27 *cm* Durchmesser und 3 *cm* Dicke (gewöhnliches Flint) stand senkrecht vor einem Hohlspiegel. Ein polarisierter Lichtkegel (Projektionsapparat und Bogenlampe) durchsetzte ihre planparallel geschliffenen Flächen. Er wurde vom Spiegel wieder als Kegel reflektiert, ging durch die Scheibe zurück und entwarf, nachdem er den Analysator und ein photographisches Objektiv durchlaufen hatte, ein Interferenzbild (Methode von E. Mach und K. Fritsch[1]). Es zeigte sich nun, wenn die Schwingungsebene des Polarisators senkrecht stand und die Nicols gekreuzt waren („Nullstellung" gegen die Spannungsachsen), die Fig. 1. Die Interferenzerscheinung ist, wie man sieht, symmetrisch gegen die Richtung der Schwerkraft (Schwingungsrichtung des Polarisators). Unten prägt sich der Druckpunkt aus zwischen der Scheibe und der Holzplatte, auf der sie frei ruhte. Nach Drehung der Nicols in die 45°-Stellung sah man die nächste Fig. 2. Um zu beweisen, daß die Deformation nur eine vorübergehende, *durch den eigenen Gewichtsdruck* bedingte Veränderung der sonst fast vollkommen homogenen Glasmasse darstellt, drehte ich die Scheibe in ihrer Ebene um etwa 45° im Sinne des Uhrzeigers, und es erschien die kaum veränderte Fig. 3.

Hiernach wurde die Scheibe mit der Hälfte ihres Umfangs auf einem halbkreisförmigen Lager aus Holz mit *Wattepolster* ebenfalls senkrecht vor dem Spiegel aufgestellt. Nach 30 Stunden war Fig. 4 bei Nullstellung des Nicols zu sehen. Vergleicht man diese mit Fig. 1, so erkennt man, daß die Aufhellung und der Druckpunkt in der unteren Hälfte verschwunden ist, es bleibt aber der obere Teil des Randes noch wenig geändert.

Der ganze Untersuchungsapparat wurde jetzt um 90° gedreht, so daß Spiegel und Scheibe horizontal lagen und von oben herab beobachtet wurde. Die Scheibe ruhte zunächst auf einer *Pappschachtel*, in der Mitte unterstützt, über dem Spiegel und zeigte die Fig. 5. Hierauf wurde sie mit dem Rande *aufgegipst* auf eine Holzplatte mit runder Öffnung. Infolge der Ausdehnung des erhärtenden Gipses bekam sie Zugspannung und zeigte so die Fig. 6. Endlich wurde der noch feuchte Gips gelockert und nach einigen Drehbewegungen folgende Aufnahme gemacht, die den Rückgang der Spannung bei horizontaler Lagerung der Scheibe zeigen: Fig. 7 nach 18 Minuten, Fig. 8 nach 5 Stunden 43 Minuten.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Spannungen, welche ein Glaskörper unter der Wirkung der Schwerkraft annimmt, ganz merklich sind. Streng genommen kann es hiernach ein absolut spannungsfreies, vollkommen homogenes Glas nur innerhalb eines „abarischen Feldes" (etwa zwischen Erde und Mond) geben, selbst wenn bei der Kühlung alle Deformationen vermieden wären. Daß bei der Benutzung der

[1]) Carl Fritsch, Einiges über das Jenenser Glas mit vermindertem sekundären Spektrum für Fernrohrobjektive. *Zentralztg. f. Opt. u. Mech.* **8.** *S. 121. 1887.* Siehe auch E. Mach und L. Mach, Über longitudinale fortschreitende Wellen im Glase. *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **98,** *II A. S. 1327. 1889.*

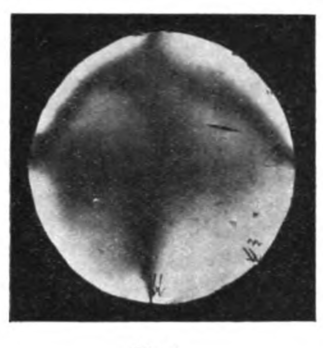


Fig. 1.

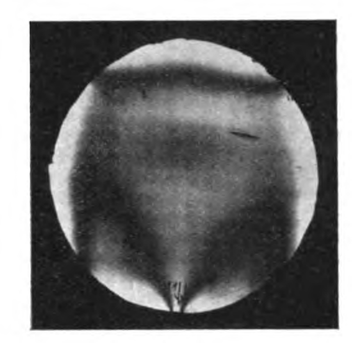


Fig. 2.

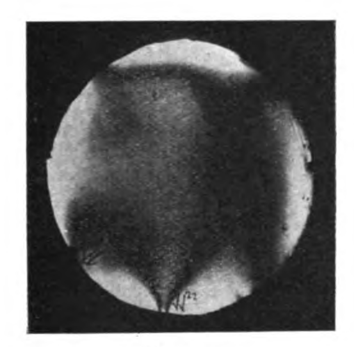


Fig. 3.

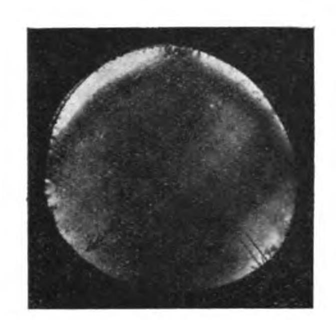


Fig. 4.



Fig. 5.

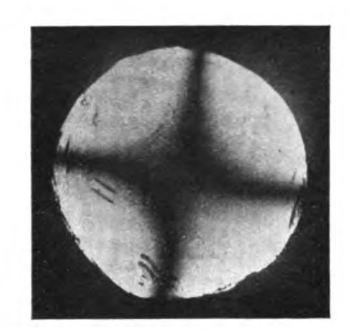


Fig. 6.

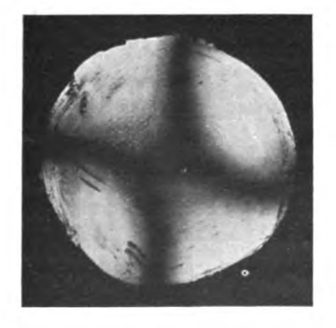


Fig. 7



Fig. 8.

astronomischen Objektive die dauernde Lagerung derselben in einer von der Horizontalebene abweichenden Stellung nicht gleichgültig sein kann, darf man wohl annehmen. Ebenso ergibt sich für den *praktischen Optiker* die Regel, Objektivscheiben oder fertige Objektive stets nur in horizontaler Lage aufzubewahren. Auch größere Prismen

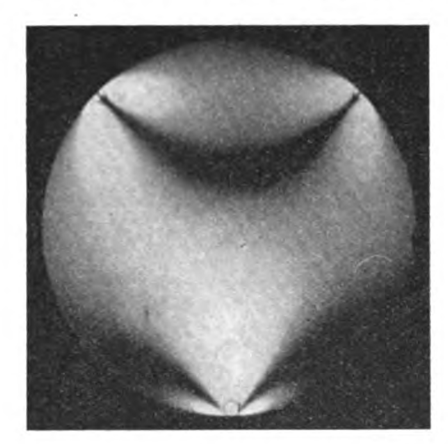


Fig. 9

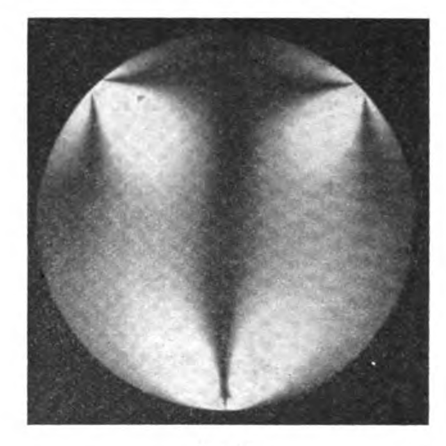


Fig. 10.

müssen verschiedene Arten von Spannung annehmen, wenn sie längere Zeit dem Drucke ihres eigenen Gewichtes in verschiedener Weise unterliegen.

Zum Vergleich gebe ich in Fig. 9 und 10 zwei prächtige Interferenzaufnahmen von H. Hauswald[1]) wieder. Hierbei wurde eine Scheibe an drei Punkten gedrückt.

Referate.

Nivellierinstrument mit festem biaxialem Fernrohr und fester Libelle.

Von H. Koller. *Zeitschr. f. Vermess.* **42.** *S. 297 und 329. 1913.*

Obwohl der Konstrukteur des Instruments, A. Fennel, Kassel, selbst die Einrichtungen dieses Nivelliers, das bei einfachstem Bau die Berichtigung von *einem* Standpunkt aus gestattet, hier ausführlich beschrieben hat (*diese Zeitschr.* **31.** *S. 305. 1911*), ist doch auf den angeführten Aufsatz hinzuweisen, weil er eine eingehende Untersuchung des ersten, allerdings bald etwas umgebauten, Exemplars des neuen Instrumententypus bringt und einige Wünsche für Abänderungen mitteilt. Der Verf. fand an seinem Instrument, daß bei Richtung der Nivelliersicht auf das Mittel der Ablesungen in beiden Fernrohrlagen (bei Verwendung beider Ziellinien) noch eine Sichtneigung von im Mittel 6,5″ vorhanden war (Ablesefehler auf 50 *m* Zielweite 1,6 *mm*); es wäre, um diesen Fehler noch zu beseitigen, die Libellenblase bei Festhaltung des Ablesemittels mit der Nivelliersicht noch um 0,2 Libellenteile gegen das Okular hin zu verschieben gewesen. Für Nivellierungen II. Ordnung darf man also die zwei Zielachsen des Fernrohrs als genügend zusammenfallend ansehen, besonders wenn die Summe der Rückblick-Längen und der Vorblick-Längen nicht viel voneinander abweicht oder überhaupt mit ungefähr konstanter Zielweite nivelliert werden kann. — Von den zwei Wünschen des Verf. bezieht sich der erste auf vorteilhaftere Anordnung der Justiervorrichtungen (nur eine statt zweier zwischen den zwei Horizontalachsen), für die ein einleuchtender Vorschlag gemacht wird; der zweite auf eine Einrichtung, bei der es gar nicht mehr notwendig wäre, die Strichkreuze mit der äußersten Genauigkeit in die Achse des Fernrohrs zu bringen.

[1]) H. Hauswald, Interferenzerscheinungen im polarisierten Licht (Neue Folge). Hausdruckerei von J. G. Hauswald, Magdeburg 1904.

(Der obige Konvergenzwinkel von 6,5″ ist schon durch Abweichung der Horizontalstriche um je 0,01 *mm* aus der Achse zu erklären, bei 300 *mm* Abstand der zwei Objektive.) Diese Einrichtung besteht einfach in Anbringung einer Marke auf der Libelle für die Libellenblasen-Mitte in der Stellung, bei der das Instrument ganz fehlerfrei ist. Schraubt man dann das Okular für die *Justier*sicht ein, liest an der Latte ab, schraubt das Okular für die *Nivellier*sicht um und liest nach Drehung des Fernrohrs wieder an der Latte ab, stellt endlich die Nivelliersicht auf das Mittel der Lattenablesungen, so ist einfach mit der einen vorhandenen Korrektionsvorrichtung die Blase auf die Justiermarke zu bringen, um Ziellinie und Libellenachse parallel zu machen.

Für feine Nivelliere, mit denen stets aus der Mitte nivelliert wird, ist die Einrichtung des neuen Instruments ziemlich ohne Bedeutung; wo aber in II. Ordnung oder III. Ordnung mit ungleichen Zielweiten nivelliert werden muß, hält der Verf. den neuen Nivelliertyp wegen der einfachen Berichtigung für sehr nützlich und empfehlenswert. *Hammer.*

Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Multiplikationskonstante des Reichenbachschen Entfernungsmessers.

Von H. Samel. *Zeitschr. f. Vermess.* **42.** *S. 353. 1913.*

Der Verf. untersucht, ob die durch Spannungsänderung der Spinnfäden infolge veränderter Luftfeuchtigkeit hervorgebrachten Änderungen der Hauptkonstanten des gewöhnlichen entfernungsmessenden Fernrohrs für die Praxis merklich werden, und zwar zunächst an 11 Tachymeterfernrohren der geodätischen Sammlung der Landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf (1910—1912). Es ist bei diesen ersten Versuchen der diastimometrische Winkel direkt gemessen worden, indem das zu untersuchende Fernrohr als Kollimator verwendet wurde; zur Messung des Parallaxenwinkels sind zwei Schraubenmikroskop-Theodolite von Hildebrand mit je 1″ Schätzung an den Trommeln verwendet. Da jedoch diese Theodolite nur Horizontalwinkel zu messen gestatteten, die Fäden der entfernungsmessenden Fernrohre also vertikal gestellt werden mußten, so ist aus den Ergebnissen dieser ersten Versuchsreihen kaum ein Schluß auf das Verhalten in der Praxis bei horizontalliegenden Distanzfäden gestattet. Die Messungen der parallaktischen Winkel aus 6 Beobachtungen (drei mit jedem der zwei Theodolite, zwischen denen das Fernrohr aufgelegt war) konnten auf den mittleren Fehler $\pm 0,8''$ oder beim Wert von rund 100 der Konstanten auf den m. F. $\pm 0,04$ v. H. ($= {}^1/_{3600}$) der Konstanten selbst gebracht werden. Nachdem ein erstesmal die Winkel an den in der Sammlung aufbewahrten Fernrohren gemessen waren, wurden diese in Zeiten recht nassen Winterwetters auf den Dachboden gebracht, wo sie mit abgeschraubtem Objektiv etwa 10 Tage blieben, während der Okularauszug in dieser Zeit ungeändert blieb; nachher wurde der entfernungsmessende Winkel wieder gemessen. Später, in dem sehr trockenen Sommer 1911, wiederholte der Verf. diesen Versuch in der Art, daß die Winkel bei möglichst trockener Luft im Fernrohr (zuvor Chlorkalzium in den Kästen) gemessen wurden, und dann nochmals, nachdem mit Wasser getränkte Fließpapierrollen nach Abnahme der Objektive längere Zeit in die Objektivrohre der Fernrohre geschoben gewesen waren; bei der Einstellung der Distanzfäden zeigten sich an einigen davon feine Wasserperlen.

Die größte Änderung der Hauptkonstanten (rund 100 bei allen Versuchsfernrohren) beim ersten Versuch ist bei einem Fernrohr —0,11 gewesen, im Mittel der 11 Fernrohre hatte die Änderung —0,03 betragen; beim zweiten Versuch war die größte Änderung —0,14 (nicht bei demselben Fernrohr wie beim ersten Versuch), im Mittel war die Änderung —0,04. Man kann aus der nahen Übereinstimmung der beiden Versuchsergebnisse keine Schlüsse ziehen, weil sich die verschiedenen Fernrohre ziemlich verschieden verhielten, ebenso dasselbe Fernrohr beim ersten und zweiten Versuch.

Eine dritte Versuchsreihe mit 8 Fernrohren ist insofern beweiskräftiger, als hier bei der Messung des Abstands der Distanzfäden die Fadenplatte so gestellt war, daß die Fäden sich in ihrer Gebrauchslage befanden. Die Abstände wurden mit Hilfe eines horizontal gerichteten Schraubenmikroskops gemessen; dieses war mit einer Guttaperchahülle umgeben,

deren offene Seite über ein Glasgefäß gezogen und an diesem befestigt werden konnte, so daß nur Okular und Trommel außerhalb der Gummihülle sich befanden, die die Messingplatte mit den Distanzfäden von der Außenluft abschloß. In das Glasgefäß war zunächst $CaCl_2$ eingelegt worden, während später längere Zeit die Glaswand mit wassergetränktem Fließpapier ausgekleidet wurde (Wasserperlen an den Fäden bei der Messung). Die Änderungen der Fadenabstände waren nun bei diesen 8 Fernrohren, mit Ausnahme eines einzigen, sehr gering; bei diesem betrug die Änderung allerdings — 0,05% (vgl. oben), die zwei nächstgroßen Zahlen sinken auf die Hälfte, für die übrigen 5 Fernrohre bleibt die Änderung annähernd innerhalb der Beobachtungsfehler.

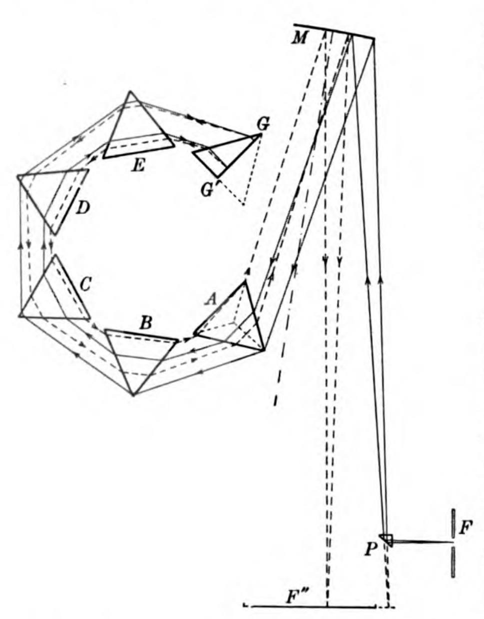
Man kann also nach diesen Versuchen annehmen, daß die durch Änderung der Luftfeuchtigkeit hervorgebrachte Spannungsänderung gut eingezogener Spinnfäden im Okular entfernungsmessender Fernrohre praktisch ohne Einfluß auf die Größe der Hauptkonstanten bleibt, entgegen z. B. der Ansicht von Friedrich (1881), von Stambach (1910) u. a.

Hammer.

Der Prismen-Spektrograph der Technischen Hochschule Zürich.

Von P. Weiß und R. Fortrat. *Arch. de Genève* **35.** *S. 5. 1913.*

Gegenüber den Gittern haben die Prismen-Apparate die folgenden Vorzüge: Es existiert nur *ein* gleichmäßig erleuchtetes Spektrum; es kann deshalb keine Übereinanderlagerung von Spektren eintreten; die Dispersion wächst nach dem Ultraviolett zu und ermöglichte hier eine bessere Trennung der Linien. Deshalb haben die Verf. einen Flint- und einen Quarz-Spektrographen konstruiert; beide beruhen auf dem Autokollimations-Prinzip.



Beim Flintapparat wird das von Spalte F kommende Licht (s. d. Figur) durch das Prisma P total auf den Hohlspiegel M reflektiert und hier in ein paralleles Strahlenbündel verwandelt. Dieses geht durch die 5 Prismen A, B, C, D, E und ein Halbprisma, an dessen versilberter Rückseite GG' es reflektiert wird. Der Hohlspiegel entwirft das Spektrum auf die photographische Platte F''. Die Prismen besitzen einen Winkel von 65° und eine Öffnung von 85 × 81 *mm*; ihre optischen Konstanten sind $n_D = 1{,}61754$, $n_F - n_C = 0{,}017$; das Glas ist ungefärbt und sehr gut durchsichtig. Der Winkel ist so gewählt, daß das Licht, welches im Minimum der Ablenkung passiert, möglichst unter dem Polarisationswinkel auffällt, um so die Reflexionsverluste zu verringern. Die Prismen sind auf einer von Hamy[1]) angegebenen Vorrichtung montiert, welche bei der Drehung den Winkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Prismenflächen konstant hält, so daß das Licht, welches das erste Prisma im Minimum der Ablenkung durchsetzt, dies auch für alle übrigen tut. Damit der Spiegel die austretenden Bündel völlig ausnutzt, hat er eine große Öffnung erhalten. Die photographische Platte ist seitlich von der Mittellinie aufgestellt, damit es nicht nötig war, das Prisma P zu neigen und somit die Strahlen die Prismen schief durchsetzen zu lassen, was eine Verschlechterung des Bildes bewirkt hätte; aus diesen Gründen mußte auch der Hohlspiegel M unsymmetrisch angeordnet werden. Die Intensität ist auf 5 *cm* Plattenlänge noch genügend gleichmäßig, und es können auch Aufnahmen bis zu 9 *cm* Länge noch benutzt werden. Das beobachtete Auflösungsvermögen ($\lambda / d\lambda$) ist für 5165 Å.-E. $0{,}047 \cdot 10^6$ und für 4210 Å.-E. $0{,}07 \cdot 10^6$. Bei diesen

[1]) Referat in *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 122. 1908.*

Wellenlängen nimmt 1 Å.-E. 0,51, bzw. 1,08 *mm* ein. Kleinere Wellenlängen werden bereits zu stark absorbiert. — Um die Temperatur genügend konstant zu halten, kann der ganze Apparat von Leitungswasser umflossen werden.

Für das Ultraviolett dient ein Quarzspektrograph. Um die Doppelbrechung zu vermeiden, sind nicht die üblichen Cornuschen Prismen gewählt, sondern die Prismen sind so geschnitten, daß die optische Achse parallel zur Prismenkante verläuft. Andererseits ist der Winkel so gewählt (65°), daß das Licht unter dem Polarisationswinkel auffällt. Wegen der vielfachen Reflexionen wird fast nur der ordentliche Strahl durchgelassen. Die Öffnung beträgt 60×73 *mm*. Da Silber im Ultraviolett nur 5% reflektiert, wurde der Spiegel $G\,G'$ durch eine Quecksilberküvette aus Marmor, die an dem Halbprisma befestigt ist, und der Hohlspiegel M durch eine einfache Quarzlinse von 75 *mm* Öffnung und 130—140 *cm* Brennweite ersetzt. Damit sie nicht depolarisierend wirkt, ist sie gleichfalls parallel zur optischen Achse geschnitten und diese vertikal, parallel zur Prismenkante, gestellt. Da die Linse nicht achromatisch ist, mußten Spalt und photographische Platte auf einen gemeinsamen Schlitten angeordnet werden. Sehr störend ist das vom Objektiv reflektierte Licht, das durch geeignete Schirme abgeblendet werden muß. Das beobachtete Auflösungsvermögen beträgt im Bereich von 4200 bis 2384 Å.-E. 0,042 bis $0{,}12 \cdot 10^6$. 1 Å.-E. nimmt 0,32 bis 2,82 *mm* ein.

Da auch die Lichtquelle durch eine parallel zur Achse geschnittene einfache Linse (mit vertikaler Achse) benutzt wird, so verhält sich die gesamte Optik für den allein passierenden ordentlichen Strahl wie ein isotropes Medium. — Um die Lichtstärke zu charakterisieren, genüge die Angabe, daß zur Aufnahme des Zeemanschen Phänomens, welche beim Gitter mehr als 1 Stunde erfordert, wenige Minuten genügen.

Die Wellenlängen werden an das Eisenspektrum angeschlossen und durch ein graphisches Verfahren berechnet. *Berndt.*

Laboratoriums-Galvanometer.

Von F. Paschen. *Physikal. Zeitschr.* **14.** *S. 521. 1913.*

Durch Ausbildung des astatischen (Thomson-) Galvanometers hatte sich eine Normal-Empfindlichkeit von 8000 (reduziert auf 10^{-6} Amp., 10 sec Schwingungsdauer, 1 Ω Widerstand, 2 *m* Skalenabstand) erzielen lassen. Durch Verwendung einer besonders günstigen Stahlsorte für die Magnete wuchs die elektromagnetische Dämpfung so stark an, daß die Luftdämpfung beseitigt werden mußte, um weitere Astasierung zu ermöglichen. Im Vakuum (das nach Bedarf durch Kohle und flüssige Luft regeneriert wird) wurde eine Normal-Empfindlichkeit von 15000 bei einer Schwingungsdauer von etwa 7 sec und einem logarithmischen Dekrement von etwa 0,7 erwählt. Bei Benutzung des ersten Ausschlages wächst sie sogar auf 22000. Dieses astatische (Vakuum-) Galvanometer dient besonders für feine Strahlungsmessungen. Falls der Aufhängefaden die Fortsetzung einer der Haupt-Trägheitsachsen bildet, leidet das Instrument nicht durch Erschütterungen.

Für etwas kleinere Empfindlichkeiten wurde ein Eisengalvanometer konstruiert, das sehr schnell den Übergang zu noch geringeren Empfindlichkeiten bei kleiner Schwingungsdauer für schnelle Arbeiten gestattet, und das sich deshalb auch sehr gut als Hörsaal-Instrument eignet. An einem Spiegel von 6 *mm* Durchmesser und 0,2 *mm* Dicke werden 3 kurze Magnetchen mit einer Spur Wachs und an seinem Rande ein 2—4 μ dicker Quarzfaden in radialer Richtung mit einem Tropfen Schellack befestigt, ohne daß der Spiegel verzerrt wird. Der Spiegel hängt in einem kupfernen zylinderförmigen Raume, welcher vorn durch eine Glasplatte und hinten durch einen beweglichen Kupferdämpfer geschlossen ist, der zugleich zur Arretierung dient und jede gewünschte Dämpfung herzustellen gestattet (was außerdem auch durch Neigen des Instrumentes bis zu gewissem Grade möglich ist). Das Ganze wird in eine Drahtspule gesetzt, so daß die Magnete in ihrer Mitte hängen. Darüber wird ein hinten durch einen Eisendeckel geschlossener dickwandiger eiserner Hohlzylinder zum magnetischen Schutz geschoben. Vorn und hinten läßt sich auf einer geeigneten Führung ein Astasierungsmagnet nähern und grob oder fein drehen. Die Empfindlichkeit betrug $2 \cdot 10^{-10}$ Amp./*mm* bei 2 *m* Skalenabstand und 17 Ω Widerstand (Normal-Empfindlichkeit 1200); dabei betrug die

Schwingungsdauer 8 sec und kam das schwingende System nach einem Umkehrpunkt zur Ruhe. Bei geringerer Empfindlichkeit kann man bei sehr kleiner Schwingungsdauer fast aperiodische Dämpfung herstellen. Die Konstanz des Nullpunktes und der Empfindlichkeit ist auch bei maximalen Werten der letzteren genügend.

Mit einem 25 *mm* großen Spiegel dienen zwei Instrumente als Präzisions-Hörsaal-Ampere- und -Voltmeter für 10^{-8} bis 100 Amp. und 10^{-5} bis 200 Volt. *Berndt.*

Bücherbesprechungen.

A. Guillet, *Proprietés cinématiques fondamentales des vibrations.* 8°. IV, 406 S. m. 103 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1913. 16 Frcs.

Das Buch enthält eine Wiedergabe der Vorlesung über die Theorie der Schwingungsbewegungen, die der Verf. im Jahre 1911 an der *Faculté des Sciences* in dem Kursus über allgemeine Physik gehalten hat. Der 1. Hauptteil behandelt die Eigenschaften der Schwingungen und beschäftigt sich in den einzelnen Abschnitten mit den linearen Sinusschwingungen, den gedämpften Sinusschwingungen, ihrer Zusammensetzung und den elliptischen Schwingungen, sowie der Fortpflanzung, den Gangunterschieden und ihrer Berechnung (speziell auch in doppelbrechenden Medien). Im 2. Hauptteil werden die Deformationen und Schwingungen elastischer Körper und die Wellen besprochen. Der 1. Abschnitt handelt von Zug, Biegung, Torsion und den Gleichgewichtsbedingungen eines elastischen Systems, der 2. und 3. von den Bewegungen in einem homogenen elastischen Medium und den ebenen Wellen, die mit diesen verträglich sind. Es folgen zwei Abschnitte über stehende Wellen und Oberschwingungen, und ein Schlußkapitel, das die Ausdehnung der Elastizitäts-Gleichungen auf den Äther enthält (die Optik selbst bildet den Gegenstand einer besonderen Vorlesung). Die gefundenen Gesetze werden angewandt auf eine Reihe von Beispielen aus der Mechanik (Pendel mit kleiner Amplitude, schwingende Flüssigkeitssäule), Akustik (Stimmgabel, Pfeife, Saite bei verschiedener Erregung), Optik (Fabry und Pérotsches Interferometer) und Elektrizität (ballistisches Galvanometer, Ankerwicklung); auch die experimentelle Darstellung ist kurz erwähnt. Ferner finden sich an geeigneten Stellen Übungsaufgaben ohne Angabe der Lösung eingestreut, z. T. unter Hinweis auf die betreffende Literatur. —

Das Buch ist als erste Einführung in die Lehre von den Schwingungen gut geeignet. — Die Schreibweise Döppler statt Doppler ist wohl nur ein Druckfehler.

Berndt.

H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 5. u. 6. Bd. Lex.-8°. VI, 853 S. m. 2 Taf. u. 3 Fig. bzw. 1067 S. m. 1 Taf. Leipzig, S. Hirzel, 1910 u. 1912. 48 M.; geb. 52 M. bzw. 60 M.; geb. 64 M.

Diese beiden Bände[1]) bilden ein Ganzes und enthalten die Ergebnisse der spektralen Erforschung der einzelnen Elemente, die nach den chemischen Symbolen, alphabetisch geordnet, in Band 5 bis N in Band 6 bis zum Schluß aufgeführt werden: wiederum hatte der Verfasser sich der Mitarbeit von Herrn Prof. Konen in Münster zu erfreuen. Die Bände sind ein Nachschlagebuch für jeden, der irgendwelche spektroskopische Daten braucht.

Dem alphabetischen Verzeichnis der Elemente gehen voraus: die Einleitung, mit einem Überblick über ältere Sammelarbeiten und Tabellenwerke und über die verschiedenen Systeme von Wellenlängennormalen, eine kurze Anleitung zur qualitativen chemischen Spektralanalyse, eine Darstellung der Versuche zur quantitativen Spektralanalyse, die sich nach der Meinung des Verfassers als undurchführbar erwiesen hat, und ein Abschnitt über Spektroskopie des Bessemer-Prozesses.

[1]) Die Referate über die ersten vier Bände s. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 319. 1902;* **25.** *S. 255. 1905;* **29.** *S. 358. 1909.*

Vor die Spektra der Elemente hat Verfasser diejenigen der Luft, des Blitzes, des Nordlichts und der Meteore und Sternschnuppen gestellt. Das Luftspektrum muß jedem, der Funkenspektra untersucht, geläufig sein, da die Linien der Luft bei allen Funkenspektren teils Metallinien verdecken, teils durch ihre Gegenwart das Spektrum verwickelter erscheinen lassen, als es ist. Weder vom Blitz noch vom Nordlicht sind bisher so gute Spektralaufnahmen erhalten worden, daß man den chemischen Ursprung der Linien einwandfrei ableiten könnte.

Die spektroskopischen Daten jedes einzelnen Elements sind in einer erschöpfenden Monographie dargestellt, mit einem genauen Literaturnachweis und Tabellen der Spektrallinien oder Banden, die, je nachdem, vom Lichtbogen, vom Funken oder der Flamme ausgesandt werden; auch das Sonnenspektrum wird berücksichtigt.

An das Verzeichnis der Elemente, das natürlich den allergrößten Teil beider Bände ausmacht, schließt sich ein großes Schlußkapitel mit Ergebnissen und Tabellen von allgemeiner Bedeutung an. In dessen Vorbemerkung tritt der Verfasser warm für die allgemeine Annahme des internationalen Systems der Wellenlängennormalen ein. Um die bisher auf die seinerzeit klassischen, inzwischen aber als mit Fehlern behafteten Rowlandschen Wellenlängen bezogenen Wellenlängen-Messungen in internationalen Einheiten zu erhalten, müssen die Messungen sämtlich wiederholt werden; dadurch entwirft der Verfasser ein in der Geschichte der Physik unerhörtes Arbeitsprogramm, denn nach seiner Schätzung sind zwischen $\lambda = 7000$ und $\lambda = 2000$ Å.-E. bisher ca. 120000 verschiedene Spektrallinien gemessen worden.

Wegen der häufigen Verwendung, die die Linien des Eisenspektrums als Bezugslinien beim Ausmessen anderer Spektren finden, gibt der Verfasser eine besondere Tabelle dafür, die ca. 4600 Linien umfaßt.

Daran schließt sich die große „Tabelle der Hauptlinien der Linienspektra", geordnet nach abnehmenden Wellenlängen. Diese Tabelle, die auf ca. 100 Seiten über 10000 Wellenlängen enthält, ermöglicht dem Benutzer, zu erkennen, welchem Elemente eine Linie angehört, die er in irgendeinem Spektrum findet; sie übertrifft an Vollständigkeit alle bisher erschienenen Atlanten oder Tabellen von Spektren und krönt durch ihren außerordentlichen praktischen Wert das ganze Werk des verdienten Verfassers. Um dem Leser einen Blick in diese Tabelle zu ermöglichen, sei das Stück zwischen den beiden gelben Natriumlinien D_1 und D_2 hier abgedruckt:

Wellenlänge		Element	Intensität		
Internationales System	Rowlands System		Bogen	Funke	Rohr
5895.932	5896.15	Na	20	20	—
95.93	96.15	Mo	15	10	—
95.66	95.88	Tm	8	—	—
94.37	94.59	Zn	8	4	—
94.10	94.32	Ir	8	—	—
93.38	93.60	Mo	10	—	—
92.881	93.10	Ni	10	4	—
92.56	92.78	Nh	6	—	—
90.48	90.70	Co	10	—	—
89.965	90.19	Na	20	20	—

Den Schluß bildet eine Tabelle der Bandenspektra, wie die vorige nach abnehmenden Wellenlängen geordnet; sie ist zum ersten Male aufgestellt und soll dem Spektroskopiker das mühsame Nachschlagen der Spektraltabellen der einzelnen Elemente ersparen. Die große Zahl (2800) der aufgeführten Banden ist überraschend. Nach den Anschauungen des Verfassers ist die Mehrzahl der Banden der Elemente nach Rot abschattiert, eine kleine Zahl nach Violett und noch weniger beiderseits; für Verbindungen existiert eine solche Regel nicht.

Aus dem Vorworte zu Band 6 geht hervor, daß das vom Verfasser gesammelte Material für den geplanten letzten Band über die astrophysikalische Spektroskopie etwa 3 Bände füllen und den Verfasser 8 Jahre beschäftigen würde; er hat sich daher mit Bedauern entschlossen, die Darstellung der astrophysikalischen Anwendungen der Spektroskopie jüngeren Händen zu überlassen, und es ist nur zu hoffen, daß bald ein Jüngerer das Werk des Altmeisters der Spektroskopie völlig zu Ende führt.

So ist mit dem sechsten Bande Kaysers vor 12 Jahren begonnenes Handbuch der Spektroskopie abgeschlossen; ein unvergängliches Denkmal deutschen Fleißes und deutscher Wissenschaft. *Lö.*

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie. *Publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies par le Comité international nommé par le VIIe Congrès de chimie appliquée. Bd. 2. 1911. 4°. XL, 759 S. Paris, Gauthier-Villars*; Leipzig, Akadem. Verlagsgesellsch. m. b. H.; London, J. und A. Churchill; Chicago, University of Chicago Press, 1913.

Das Erscheinen des 1. Bandes dieses wichtigen Werkes ist in *dieser Zeitschr.* ***33.*** *S. 291. 1913* eingehend gewürdigt worden, so daß wir uns damit begnügen können, bei dem 2. Bande, der dem 1. in überraschend kurzer Zeit folgte, auf die eingetretenen Veränderungen hinzuweisen. Neben vielfachen Umstellungen, welche die Anordnung systematischer gestalten, und manchen wesentlichen Erweiterungen der einzelnen Kapitel sind die folgenden neu eingeführt worden: Elastizität, Gasgesetze, Akustik, Kosmische Physik und Molekulargewichte. Das Kapitel über Pflanzenphysiologie umfaßt jetzt neben dieser auch die Pflanzenchemie. Andererseits sind auch einige Abschnitte, wie: Reflexionsvermögen, Emissionsvermögen, Gemische und Zustandsänderungen als selbständige Kapitel verschwunden; ihr Inhalt ist organisch auf die entsprechenden Abschnitte verteilt worden. Sehr zu begrüßen sind die vielfachen Hinweise im Inhaltsverzeichnis auf andere Stellen, an denen man ev. die gesuchten Werte finden könnte, und in den technischen Kapiteln die Angaben der Werte in metrischen neben den englischen Einheiten. Hoffentlich bringt der 3. Band für das Jahr 1912, dessen Redaktion bereits begonnen ist, auch das für den 2. Band in Aussicht gestellte, aber leider nicht erschienene alphabetische Register, welches die Benutzung dieses umfangreichen Tabellenwerkes wesentlich erleichtern und seinen Wert dadurch noch vergrößern würde.

Berndt.

A. Grünert, Tafeln zur Berechnung der Koordinaten von Polygon- und Kleinpunkten. Lex. 8°. VII, 181 S. Stuttgart, K. Wittwer, 1913. Geb. 8,50 M.

Diese neue „Koordinatentafel“ zur Berechnung von Polygonzügen und Kleinpunkten ist auch hier mit einigen Worten anzuzeigen, wenn auch für die Leser *dieser Zeitschrift* die Aufgabe der Berechnung der Produkte

$$s \cdot \cos \alpha \quad \text{und} \quad s \cdot \sin \alpha$$

aus gegebenen s und α nicht so oft wiederkehrt wie dem Landmesser, dem Kartographen usf. Die Tafel geht in s bis zu 300 *m* mit dem Intervall 1 *m*, in α durch den Quadranten mit dem Intervall 10′; die Produkte $s \cdot \cos \alpha$ und $s \cdot \sin \alpha$ sind auf 1 *cm* abgerundet angegeben. Sie ist auf Grund eines Vorschlags des Ref. berechnet (*Zeitschr. f. Vermess.* ***37.*** *S. 457. 1908*); es ist aber statt meiner Korrektionsscheibe zur Bestimmung der positiven oder negativen Zuschläge an Δx und Δy für die Werte Δs und $\Delta \alpha$ die gewöhnliche (Doppel-) Interpolation gewählt; die Beträge lassen sich allerdings bequem genug, ohne Umblättern und ohne Kopfrechnen, aus der Einschaltungstafel ablesen.

Das vom Verf. im Interesse der Korrektheit seiner Tafel angewandte Verfahren wird im Vorwort nicht angegeben; ziemlich eingehende Prüfung durch Stichproben und nach Differenzen haben den Ref. zu keiner Beanstandung geführt. Die schöne und bequeme Tafel wird sich sicher bald ein großes Anwendungsgebiet erobern. *Hammer.*

Namen- und Sach-Register.

Fehlerberichtigung.

1. In der Abhandlung von F. Löwe „Taschenrefraktometer" muß es auf *S. 110* in der *Zeile 5 v. o.* „schwach verkleinernden" statt „schwach vergrößernden" heißen.

2. In der Abhandlung von Schanzer „Neuer elektrischer Pendelantrieb" muß es auf *S. 221* in der *untersten Zeile der Legende* der Fig. 6 heißen „*b* Strom wird unterbrochen" statt „*b* Strom wird geschlossen".

Verzeichnis der Referenten des Jahrgangs 1913.

Name	Wohnort	Name	Wohnort
Prof. Dr. Berndt	Friedenau	C. Leiss (*L.*)	Steglitz
Techn. Rat Blaschke (*Bl.*)	Halensee	Dr. Löwe	Jena
Prof. Dr. Dießelhorst (*Dst.*)	Braunschweig	Prof. Dr. Martens (*Ms.*)	Berlin
Dr. Faßbender (*Fa.*)	Charlottenburg	Admiralitäts-Rat Prof. Dr. H. Maurer	Wilmersdorf
Dr. G. Förster (*G. F.*)	Potsdam	Dr. Meißner (*Mfsr.*)	Charlottenburg
Dr. Geiger (*Ggr.*)	Charlottenburg	Dr. J. Rheden	Wien
Prof. Dr. Grüneisen (*Grn.*)	Charlottenburg	Dr. M. v. Rohr	Jena
Prof. Dr. E. v. Hammer (*H.*)	Stuttgart	Prof. Dr. Scheel (*Schl.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Henning (*Hng.*)	Charlottenburg	Dr. Schmiedel (*K. S.*)	Charlottenburg
Dr. L. Janicki (*L. J.*)	Charlottenburg	Prof. Dr. Schönrock (*Schck.*)	Charlottenburg
Dr. A. König (*A. K.*)	Jena	Prof. B. Wanach	Potsdam
Dr. H. Krüss	Hamburg		

Schwingungsdauer 8 sec und kam das schwingende System nach einem Umkehrpunkt zur Ruhe. Bei geringerer Empfindlichkeit kann man bei sehr kleiner Schwingungsdauer fast aperiodische Dämpfung herstellen. Die Konstanz des Nullpunktes und der Empfindlichkeit ist auch bei maximalen Werten der letzteren genügend.

Mit einem 25 *mm* großen Spiegel dienen zwei Instrumente als Präzisions-Hörsaal-Ampere- und -Voltmeter für 10^{-8} bis 100 Amp. und 10^{-5} bis 200 Volt. *Berndt.*

Bücherbesprechungen.

A. Guillet, *Propriétés cinématiques fondamentales des vibrations.* 8°. IV, 406 S. m. 103 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1913. 16 Frcs.

Das Buch enthält eine Wiedergabe der Vorlesung über die Theorie der Schwingungsbewegungen, die der Verf. im Jahre 1911 an der *Faculté des Sciences* in dem Kursus über allgemeine Physik gehalten hat. Der 1. Hauptteil behandelt die Eigenschaften der Schwingungen und beschäftigt sich in den einzelnen Abschnitten mit den linearen Sinusschwingungen, den gedämpften Sinusschwingungen, ihrer Zusammensetzung und den elliptischen Schwingungen, sowie der Fortpflanzung, den Gangunterschieden und ihrer Berechnung (speziell auch in doppelbrechenden Medien). Im 2. Hauptteil werden die Deformationen und Schwingungen elastischer Körper und die Wellen besprochen. Der 1. Abschnitt handelt von Zug, Biegung, Torsion und den Gleichgewichtsbedingungen eines elastischen Systems, der 2. und 3. von den Bewegungen in einem homogenen elastischen Medium und den ebenen Wellen, die mit diesen verträglich sind. Es folgen zwei Abschnitte über stehende Wellen und Oberschwingungen, und ein Schlußkapitel, das die Ausdehnung der Elastizitäts-Gleichungen auf den Äther enthält (die Optik selbst bildet den Gegenstand einer besonderen Vorlesung). Die gefundenen Gesetze werden angewandt auf eine Reihe von Beispielen aus der Mechanik (Pendel mit kleiner Amplitude, schwingende Flüssigkeitssäule), Akustik (Stimmgabel, Pfeife, Saite bei verschiedener Erregung), Optik (Fabry und Pérotsches Interferometer) und Elektrizität (ballistisches Galvanometer, Ankerwicklung); auch die experimentelle Darstellung ist kurz erwähnt. Ferner finden sich an geeigneten Stellen Übungsaufgaben ohne Angabe der Lösung eingestreut, z. T. unter Hinweis auf die betreffende Literatur. —

Das Buch ist als erste Einführung in die Lehre von den Schwingungen gut geeignet. — Die Schreibweise Döppler statt Doppler ist wohl nur ein Druckfehler.

Berndt.

H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 5. u. 6. Bd. Lex.-8°. VI, 853 S. m. 2 Taf. u. 3 Fig. bzw. 1067 S. m. 1 Taf. Leipzig, S. Hirzel, 1910 u. 1912. 48 M.; geb. 52 M. bzw. 60 M.; geb. 64 M.

Diese beiden Bände[1]) bilden ein Ganzes und enthalten die Ergebnisse der spektralen Erforschung der einzelnen Elemente, die nach den chemischen Symbolen, alphabetisch geordnet, in Band 5 bis N in Band 6 bis zum Schluß aufgeführt werden: wiederum hatte der Verfasser sich der Mitarbeit von Herrn Prof. Konen in Münster zu erfreuen. Die Bände sind ein Nachschlagebuch für jeden, der irgendwelche spektroskopische Daten braucht.

Dem alphabetischen Verzeichnis der Elemente gehen voraus: die Einleitung, mit einem Überblick über ältere Sammelarbeiten und Tabellenwerke und über die verschiedenen Systeme von Wellenlängennormalen, eine kurze Anleitung zur qualitativen chemischen Spektralanalyse, eine Darstellung der Versuche zur quantitativen Spektralanalyse, die sich nach der Meinung des Verfassers als undurchführbar erwiesen hat, und ein Abschnitt über Spektroskopie des Bessemer-Prozesses.

[1]) Die Referate über die ersten vier Bände s. *diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 319. 1902;* ***25.*** *S. 255. 1905;* ***29.*** *S. 358. 1909.*

Vor die Spektra der Elemente hat Verfasser diejenigen der Luft, des Blitzes, des Nordlichts und der Meteore und Sternschnuppen gestellt. Das Luftspektrum muß jedem, der Funkenspektra untersucht, geläufig sein, da die Linien der Luft bei allen Funkenspektren teils Metallinien verdecken, teils durch ihre Gegenwart das Spektrum verwickelter erscheinen lassen, als es ist. Weder vom Blitz noch vom Nordlicht sind bisher so gute Spektralaufnahmen erhalten worden, daß man den chemischen Ursprung der Linien einwandfrei ableiten könnte.

Die spektroskopischen Daten jedes einzelnen Elements sind in einer erschöpfenden Monographie dargestellt, mit einem genauen Literaturnachweis und Tabellen der Spektrallinien oder Banden, die, je nachdem, vom Lichtbogen, vom Funken oder der Flamme ausgesandt werden; auch das Sonnenspektrum wird berücksichtigt.

An das Verzeichnis der Elemente, das natürlich den allergrößten Teil beider Bände ausmacht, schließt sich ein großes Schlußkapitel mit Ergebnissen und Tabellen von allgemeiner Bedeutung an. In dessen Vorbemerkung tritt der Verfasser warm für die allgemeine Annahme des internationalen Systems der Wellenlängennormalen ein. Um die bisher auf die seinerzeit klassischen, inzwischen aber als mit Fehlern behafteten Rowlandschen Wellenlängen bezogenen Wellenlängen-Messungen in internationalen Einheiten zu erhalten, müssen die Messungen sämtlich wiederholt werden; dadurch entwirft der Verfasser ein in der Geschichte der Physik unerhörtes Arbeitsprogramm, denn nach seiner Schätzung sind zwischen $\lambda = 7000$ und $\lambda = 2000$ Å.-E. bisher ca. 120000 verschiedene Spektrallinien gemessen worden.

Wegen der häufigen Verwendung, die die Linien des Eisenspektrums als Bezugslinien beim Ausmessen anderer Spektren finden, gibt der Verfasser eine besondere Tabelle dafür, die ca. 4600 Linien umfaßt.

Daran schließt sich die große „Tabelle der Hauptlinien der Linienspektra", geordnet nach abnehmenden Wellenlängen. Diese Tabelle, die auf ca. 100 Seiten über 10000 Wellenlängen enthält, ermöglicht dem Benutzer, zu erkennen, welchem Elemente eine Linie angehört, die er in irgendeinem Spektrum findet; sie übertrifft an Vollständigkeit alle bisher erschienenen Atlanten oder Tabellen von Spektren und krönt durch ihren außerordentlichen praktischen Wert das ganze Werk des verdienten Verfassers. Um dem Leser einen Blick in diese Tabelle zu ermöglichen, sei das Stück zwischen den beiden gelben Natriumlinien D_1 und D_2 hier abgedruckt:

Wellenlänge		Element	Intensität		
Internationales System	Rowlands System		Bogen	Funke	Rohr
5895 . 932	5896 . 15	Na	20	20	—
95 . 93	96 . 15	Mo	15	10	—
95 . 66	95 . 88	Tm	8	—	—
94 . 37	94 . 59	Zn	8	4	—
94 . 10	94 . 32	Ir	8	—	—
93 . 38	93 . 60	Mo	10	—	—
92 . 881	93 . 10	Ni	10	4	—
92 . 56	92 . 78	Nh	6	—	—
90 . 48	90 . 70	Co	10	—	—
89 . 965	90 . 19	Na	20	20	—

Den Schluß bildet eine Tabelle der Bandenspektra, wie die vorige nach abnehmenden Wellenlängen geordnet; sie ist zum ersten Male aufgestellt und soll dem Spektroskopiker das mühsame Nachschlagen der Spektraltabellen der einzelnen Elemente ersparen. Die große Zahl (2800) der aufgeführten Banden ist überraschend. Nach den Anschauungen des Verfassers ist die Mehrzahl der Banden der Elemente nach Rot abschattiert, eine kleine Zahl nach Violett und noch weniger beiderseits; für Verbindungen existiert eine solche Regel nicht.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

L. Ambronn in Göttingen, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. v. Hammer** in Stuttgart, **F. R. Helmert** in Potsdam, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüß** in Hamburg, **V. v. Lang** in Wien, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **R. Straubel** in Jena, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **F. Göpel** in Charlottenburg-Berlin.

Dreiunddreißigster Jahrgang.

1913.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1913.

Hierzu Beiblatt: (Deutsche Mechaniker-Zeitung) — Nr. 22 u. 23.

Die Zeitschrift für Instrumentenkunde

erscheint in monatlichen Heften von etwa 4 Quartbogen (Hauptblatt) und einem Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) im Umfange von etwa 2 Bogen im Monat. — Preis des Jahrgangs M. 24,—.

Wissenschaftliche Original-Beiträge werden honoriert.

Autoren von Arbeiten, die in anderen Zeitschriften des In- und Auslandes erschienen und für die Leser der Zeitschrift für Instrumentenkunde von Interesse sind, werden um Einsendung eines Sonderabzuges gebeten, um darüber im Referate-Teil berichten zu können.

Redaktionelle Anfragen und Mitteilungen für das Hauptblatt wolle man an den Redakteur desselben, Prof. Dr. F. Göpel, Charlottenburg-Berlin 5, Witzleben-Straße 32, richten.

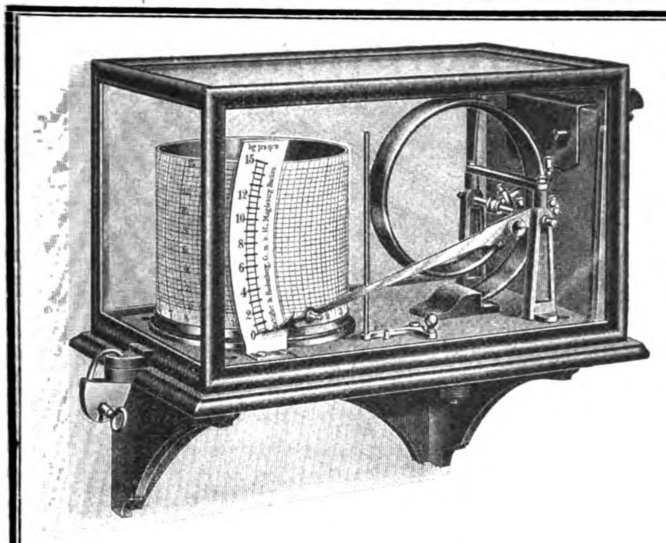
nimmt Anzeigen gewerblichen und literarischen Inhalts, Stellengesuche und -angebote usw. auf und sichert denselben die weiteste und zweckmäßigste Verbreitung.

Bei jährlich	1	3	6	12 mal. Aufnahme
kostet die einmal gespaltene Petitzeile	50	45	40	30 Pf.

Anzeigen werden von der Verlagshandlung sowie von den Annoncenexpeditionen angenommen.

Beilagen werden nach einer mit der Verlagshandlung zu treffenden Vereinbarung zugefügt.

Abonnements nehmen entgegen alle Buchhandlungen und Postanstalten des In- und Auslandes sowie auch die Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin W. 9, Link-Str. 23/24.



Schäffer & Budenberg, G. m. b. H.

Maschinen- u. Dampfkessel-Armaturenfabrik

Magdeburg-B.

Manometer u. Wärmemesser

mit und ohne Registriervorrichtung

:-: für alle Zwecke! :-:

Tachometer, Indikatoren
Hub- u. Rotationszähler,
Dynamometer, Regulatoren
etc. etc.

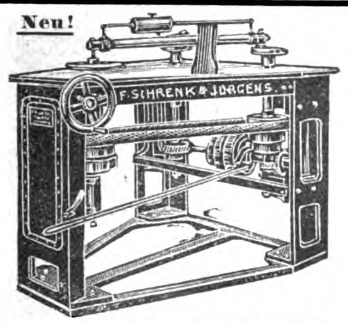
(3615)

Richard Müller-Uri, Braunschweig, Schleinitzstr. 19

Physikalische, Chemische und Meteorologische Unterrichts-Apparate und Utensilien ∴ ∴ Glastechnische Präzisionsarbeiten

Neuheiten: Demonstrations-Volumeter mit Fernskala nach Wolfenson D. R. G. M. — Coulombmeter nach Stephan D. R. G. M. — Righi's Röhren für magnetische Strahlen mit Vakuumregulierung D. R. G. M. — Quecksilber-Schnellpumpe — Präzisions-Vakuometer D. R. G. M. - Pizzarello-Apparat - Apparat für flüssige Luft — Flüssige Gase in Röhren — Projektions- und Extrem-Thermometer — Elektroskope und Trockensäulen — Vakuumröhren nach Braun, Crookes, Geissler, Pulu j, Lecher, Röntgen, Wehnelt — Leuchtschirme — Normal-Geissler-Röhren-Serie „Kompendium" — Original-Vakuumskalen nach Cross.

[3481]



Hohlspiegel- u. Prismenschleif- u. Poliermaschine in vollendeter Ausführung.

Maschinenfabrik

SCHRENK & JÜRGENS

BRAUNSCHWEIG. [3534]

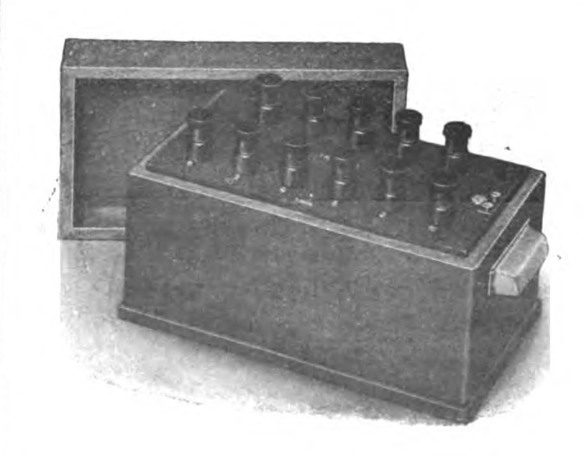
Sämtliche Maschinen für die Optik und Brillenfabrikation neuester Konstruktion.

Ausführliche Prospekte und Kataloge zu Diensten.

∴ ∴ Preise äußerst. ∴ ∴

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk, Berlin-Nonnendamm



Vergleichswiderstände

mit Konstantandrahtwickelung
1 Million Ohm in 10 Stufen
à 100000 Ohm
10 Millionen Ohm in 10 Stufen
à 1 Million Ohm

(3457 III)



F. SARTORIUS
ASTRONOMISCHE und GEODÄTISCHE SPEZIALINSTRUMENTE.
REFRAKTOREN :: DURCHGANGSINSTRUMENTE :: UNIVERSALE.
SÄMTLICHE
VERMESSUNGS-INSTRUMENTE
für höhere und niedere Geodäsie
nach neuesten bewährten Konstruktionen.
UNIVERSAL-INSTRUMENTE :: BOUSSOLEN-THEODOLITE :: REPETITIONS-TACHYMETER- u. REISE-THEODOLITE :: TACHYGRAPHOMETER nach WAGNER :: PRÄZISIONS-NIVELLIER-INSTRUMENTE.
SÄMTLICHE MESSGERÄTSCHAFTEN. ::
KOMPLETTE AUSRÜSTUNGEN FÜR GEOMETER, INGENIEURE UND WISSENSCHAFTLICHE EXPEDITIONEN.
Man verlange PROSPEKTE GEO. 48 kostenfrei!
F. SARTORIUS
Vereinigte WERKSTÄTTEN für wissenschaftliche INSTRUMENTE
GÖTTINGEN (HANNOVER).

[3484 II]

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.